

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

JC714 U.S. PRO
10/051064
01/18/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 1月30日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-022062

出 願 人

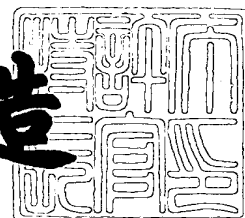
Applicant(s):

株式会社半導体エネルギー研究所

2001年11月16日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3101583

【書類名】 特許願
【整理番号】 P005478
【提出日】 平成13年 1月30日
【あて先】 特許庁長官 殿
【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 山崎 舜平

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 中村 理

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 梶原 誠之

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 肥塚 純一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 高山 徹

【特許出願人】

【識別番号】 000153878

【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

【代表者】 山崎 舜平

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002543

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置の作製方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

絶縁表面にシリコンを主成分とする非晶質半導体膜を形成する工程と、
前記非晶質半導体膜に結晶化を促進する触媒元素を添加して、第 1 の加熱処理により結晶質半導体膜を形成する工程と、
前記結晶質半導体膜上にバリア層を形成する工程と、
前記バリア層上に希ガス元素を $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ の濃度で含んだ半導体膜を成膜する工程と、
第 2 の加熱処理により前記触媒元素を前記半導体膜に移動させる工程と、
前記半導体膜を除去する工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 2】

絶縁表面にシリコンを主成分とする非晶質半導体膜を形成する工程と、
前記非晶質半導体膜に結晶化を促進する触媒元素を添加して、第 1 の加熱処理により結晶質半導体膜を形成する工程と、
前記結晶質半導体膜にレーザー光を照射する工程と、
前記結晶質半導体膜上にバリア層を形成する工程と、
前記バリア層上に希ガス元素を $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ の濃度で含んだ半導体膜を成膜する工程と、
第 2 の加熱処理により前記触媒元素を前記半導体膜に移動させる工程と、
前記半導体膜を除去する工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3】

絶縁表面にシリコンを主成分とする非晶質半導体膜を形成する工程と、
前記非晶質半導体膜に結晶化を促進する触媒元素を添加して、第 1 の加熱処理により結晶質半導体膜を形成する工程と、
前記結晶質半導体膜上にバリア層を形成する工程と、

前記バリア層上に希ガス元素を $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ の濃度で含んだ半導体膜を形成する工程と、

第2の加熱処理により前記触媒元素を前記半導体膜に移動させる工程と、

前記半導体膜を除去する工程と、

前記結晶質半導体膜にレーザ光を照射する工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項4】

絶縁表面にシリコンを主成分とする非晶質半導体膜を形成する工程と、

前記非晶質半導体膜に結晶化を促進する触媒元素を添加する工程と、

前記非晶質半導体膜上にバリア層を形成する工程と、

前記バリア層上に希ガス元素を $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ の濃度で含んだ半導体膜を形成する工程と、

加熱処理により、前記非晶質半導体膜を結晶化させ結晶質半導体膜を形成すると共に前記触媒元素を前記半導体膜に移動させる工程と、

前記半導体膜を除去する工程と、

前記結晶質半導体膜にレーザ光を照射する工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項5】

絶縁表面上に結晶化を促進する触媒元素を添加する工程と、

前記絶縁表面にシリコンを主成分とする非晶質半導体膜を形成する工程と、

前記非晶質半導体膜上にバリア層を形成する工程と、

前記非晶質半導体膜上に希ガス元素を $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ の濃度で含んだ半導体膜を形成する工程と、

加熱処理により、前記非晶質半導体膜を結晶化させ結晶質半導体膜を形成すると共に前記触媒元素を前記半導体膜に移動させる工程と、

前記半導体膜を除去する工程と、

前記結晶質半導体膜にレーザ光を照射する工程とを有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項6】

絶縁表面上に結晶化を促進する触媒元素を添加する工程と、
 前記絶縁表面にシリコンを主成分とする非晶質半導体膜を形成する工程と、
 前記非晶質半導体膜上にバリア層を形成する工程と、
 前記非晶質半導体膜上に希ガス元素を $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ の濃度
 で含んだ半導体膜を形成する工程と、
 前記半導体膜に希ガス元素を添加する工程と、
 加熱処理により、前記非晶質半導体膜を結晶化させ結晶質半導体膜を形成する
 と共に前記触媒元素を前記半導体膜に移動させる工程と、
 前記半導体膜を除去する工程と、
 前記結晶質半導体膜にレーザ光を照射する工程とを有することを特徴とする半
 導体装置の作製方法。

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一において、前記バリア層はオゾン水により
 形成されたケミカルオキサイド膜であることを特徴とする半導体装置の作製方法

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一において、前記バリア層はプラズマ処理に
 より前記非晶質半導体膜の表面を酸化して形成されることを特徴とする半導体装
 置の作製方法。

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一において、前記バリア層は酸素を含む雰
 囲気中で紫外線を照射してオゾンを発生させ前記非晶質半導体膜の表面を酸化して
 形成されることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 10】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一において、前記バリア層は膜厚 $1 \sim 10 \text{ nm}$
 で形成され、多孔質膜であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 11】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一において、前記希ガス元素は He 、 Ne 、
 Ar 、 Kr 、 Xe から選ばれた一種または複数種であることを特徴とする半導体

装置の作製方法。

【請求項 1 2】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一において、前記第 1 の加熱処理は、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ、高圧水銀ランプから選ばれた一種または複数種からの輻射により行うことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一において、前記第 1 の加熱処理は、電熱炉を用いて行われることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一において、前記第 2 の加熱処理は、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ、高圧水銀ランプから選ばれた一種または複数種からの輻射により行われることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一において、前記第 2 の加熱処理は、電熱炉を用いて行われることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 1 6】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一において、前記触媒元素は Fe、Ni、Co、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Au から選ばれた一種または複数種であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は結晶構造を有する半導体膜を用いた半導体装置の作製方法に関し、より具体的には薄膜トランジスタ（以下、TFTと記す）で代表される半導体装置の作製方法に関する。なお、本明細書において半導体装置とは半導体特性を利用して機能する装置を指す。

【0002】

【従来技術】

同一基板上にTFTを用いて形成された駆動回路と画素部を有する液晶表示装置がさかんに形成されてきている。TFTの活性層として半導体膜が用いられ、なかでも、活性層に結晶質珪素膜を用いることで高い電界効果移動度を実現してきた。そして、その技術は一枚のガラス基板上に画素部を形成する画素TFTと、画素部の周辺に設けられる駆動回路のTFTを形成したモノシリック型の液晶表示装置を可能とした。

【0003】

TFTの電気的特性を決める要素は、半導体膜の品質、特に電界効果移動度は結晶性に依存しており、電界効果移動度はTFTの応答特性や、TFTを回路に用いて作製された液晶表示装置の表示能に直接関わってくる。

【0004】

そこで、品質のよい結晶質半導体膜を形成するための方法がさかんに研究されている。例えば、一旦非晶質半導体膜を形成した後、レーザー光を照射して結晶化させる方法や、電熱炉を用いて加熱処理を行い結晶化させる方法が用いられている。しかし、このような方法で作製される半導体膜は多数の結晶粒から成り、その結晶方位は任意な方向に配向して制御することが出来ないでいる。そのために、単結晶の半導体と比較してキャリアの移動がスムーズに行われず、TFTの電気的特性を制限する要因となっている。

【0005】

これに対し、特開平7-183540号公報で開示される技術は、ニッケルなどの金属元素を添加してシリコン半導体膜を結晶化させる技術であり、当該金属元がいわば触媒となり結晶化を促進し、また、それに必要とする温度を低下させる効果があることが知られている。さらに、そればかりでなく結晶方位の配向性を高めることも可能となっている。触媒作用のある元素としてはFe、Ni、Co、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた一種または複数種であることが知られている。

【0006】

しかし、触媒作用のある金属元素（ここでは全てを含めて触媒元素と呼ぶ）を

添加する故に、半導体膜の膜中或いは膜表面には、当該金属元素が残存し、TFTの電気的特性をばらつかせるなどの問題がある。例えば、TFTのオフ電流が増加し、個々の素子間でばらつくなどの問題がある。即ち、結晶化に対し触媒作用のある金属元素は、一旦結晶質半導体膜が形成されてしまえば、かえって不要な存在となっている。

【0007】

そこで、本出願人は、燐を用いたゲッタリング技術を適応して、結晶化の為に添加した金属元素を500℃程度の加熱温度においても、半導体膜の特定の領域から除去する方法を開示した。例えば、TFTのソース・ドレイン領域にリンを添加して450～700℃の熱処理を行うことで、素子形成領域から結晶化の為に添加した金属元素を容易に除去することが可能である。このような技術の一例は、特許第3032801号に開示されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

本出願人は、上記したように、触媒元素を用いた低温結晶化プロセスを用いた後、触媒元素を半導体膜からゲッタリングする方法を開示している。例えば、ゲッタリング作用を有する15族元素（代表的にはリン）を高濃度にドーピングしたゲッタリングサイトを形成し、加熱処理を行って触媒元素をゲッタリング領域に移動させこの加熱処理工程後にゲッタリングサイトを除去する方法や、後にソース領域またはドレイン領域となる領域に添加されたリンの活性化と同一の加熱処理工程で、半導体層中の触媒元素をソース領域またはドレイン領域にゲッタリングする方法などが考えられている。これらのゲッタリングは、550℃にて4時間程度の加熱処理を行うことで、結晶化の為に半導体膜に導入した金属元素を除去することを可能としている。

【0009】

しかし、ゲッタリング作用を得るために半導体膜に添加されるリンの濃度は $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 以上、好ましくは $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ であり、ドーピングに要する処理時間が問題となっていた。

【0010】

さらに、イオン注入法、或いはイオンドーピング法（本明細書では注入するイオンの質量分離を行わない方法を指している）による高濃度なリンの添加は、その後の半導体膜の再結晶化が困難になるという問題を有していた。

【0011】

本発明はこのような問題を解決するための手段であり、触媒元素を用いて得られる結晶質半導体膜から触媒元素（金属元素）を工程数を増やさずに効果的に除去を行う技術を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

そこで、本発明は、絶縁表面にシリコンを主成分とする非晶質半導体膜を形成する工程と、前記非晶質半導体膜に結晶化を促進する触媒元素を添加して、第1の加熱処理により結晶質半導体膜を形成する工程と、前記結晶質半導体膜上にバリア層を形成する工程と、前記バリア層上に希ガス元素を $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ の濃度で含んだ半導体膜を成膜する工程と、第2の加熱処理により前記触媒元素を前記半導体膜に移動させる工程と、前記半導体膜を除去する工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【0013】

また、本発明は、絶縁表面にシリコンを主成分とする非晶質半導体膜を形成する工程と、前記非晶質半導体膜に結晶化を促進する触媒元素を添加して、第1の加熱処理により結晶質半導体膜を形成する工程と、前記結晶質半導体膜にレーザー光を照射する工程と、前記結晶質半導体膜上にバリア層を形成する工程と、前記バリア層上に希ガス元素を $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ の濃度で含んだ半導体膜を成膜する工程と、第2の加熱処理により前記触媒元素を前記半導体膜に移動させる工程と、前記半導体膜を除去する工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【0014】

また、本発明は、絶縁表面にシリコンを主成分とする非晶質半導体膜を形成する工程と、前記非晶質半導体膜に結晶化を促進する触媒元素を添加して、第1の加熱処理により結晶質半導体膜を形成する工程と、前記結晶質半導体膜上にバリ

ア層を形成する工程と、前記バリア層上に希ガス元素を $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ の濃度で含んだ半導体膜を形成する工程と、第2の加熱処理により前記触媒元素を前記半導体膜に移動させる工程と、前記半導体膜を除去する工程と、前記結晶質半導体膜にレーザ光を照射する工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【0015】

また、本発明は、絶縁表面にシリコンを主成分とする非晶質半導体膜を形成する工程と、前記非晶質半導体膜に結晶化を促進する触媒元素を添加する工程と、前記非晶質半導体膜上にバリア層を形成する工程と、前記バリア層上に希ガス元素を $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ の濃度で含んだ半導体膜を形成する工程と、加熱処理により、前記非晶質半導体膜を結晶化させ結晶質半導体膜を形成すると共に前記触媒元素を前記半導体膜に移動させる工程と、前記半導体膜を除去する工程と、前記結晶質半導体膜にレーザ光を照射する工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【0016】

また、本発明は、絶縁表面上に結晶化を促進する触媒元素を添加する工程と、前記絶縁表面にシリコンを主成分とする非晶質半導体膜を形成する工程と、前記非晶質半導体膜上にバリア層を形成する工程と、前記非晶質半導体膜上に希ガス元素を $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ の濃度で含んだ半導体膜を形成する工程と、加熱処理により、前記非晶質半導体膜を結晶化させ結晶質半導体膜を形成すると共に前記触媒元素を前記半導体膜に移動させる工程と、前記半導体膜を除去する工程と、前記結晶質半導体膜にレーザ光を照射する工程とを有することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【0017】

また、本発明は、絶縁表面上に結晶化を促進する触媒元素を添加する工程と、前記絶縁表面にシリコンを主成分とする非晶質半導体膜を形成する工程と、前記非晶質半導体膜上にバリア層を形成する工程と、前記非晶質半導体膜上に希ガス元素を $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ の濃度で含んだ半導体膜を形成する工程と、

前記半導体膜に希ガス元素を添加する工程と、加熱処理により、前記非晶質半導体膜を結晶化させ結晶質半導体膜を形成すると共に前記触媒元素を前記半導体膜に移動させる工程と、前記半導体膜を除去する工程と、前記結晶質半導体膜にレーザ光を照射する工程とを有することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【 0 0 1 8 】

また、上記半導体装置の作製方法において、前記バリア層はオゾン水により形成されたケミカルオキサイド膜であることを特徴としている。

【 0 0 1 9 】

また、上記半導体装置の作製方法において、前記バリア層はプラズマ処理により前記非晶質半導体膜の表面を酸化して形成されることを特徴としている。

【 0 0 2 0 】

また、上記半導体装置の作製方法において、前記バリア層は酸素を含む雰囲気中で紫外線を照射してオゾンを発生させ前記非晶質半導体膜の表面を酸化して形成されることを特徴としている。

【 0 0 2 1 】

また、上記半導体装置の作製方法において、前記バリア層は膜厚 1 ～ 1 0 nm で形成される多孔質膜であることを特徴としている。

【 0 0 2 2 】

また、上記半導体装置の作製方法において、前記希ガス元素は H e 、 N e 、 A r 、 K r 、 X e から選ばれた一種または複数種であることを特徴としている。

【 0 0 2 3 】

また、上記半導体装置の作製方法において、前記第 1 の加熱処理は、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ、高圧水銀ランプから選ばれた一種または複数種からの輻射により行うことを特徴としている。

【 0 0 2 4 】

また、上記半導体装置の作製方法において、前記第 1 の加熱処理は、電熱炉を用いて行われることを特徴としている。

【 0 0 2 5 】

また、上記半導体装置の作製方法において、前記第 2 の加熱処理は、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ、高圧水銀ランプから選ばれた一種または複数種からの輻射により行われることを特徴としている。

【 0 0 2 6 】

また、上記半導体装置の作製方法において、前記第 2 の加熱処理は、電熱炉を用いて行われることを特徴としている。

【 0 0 2 7 】

また、上記半導体装置の作製方法において前記触媒元素は F e、N i、C o、R u、R h、P d、O s、I r、P t、C u、A u から選ばれた一種または複数種であることを特徴としている。

【 0 0 2 8 】

【発明の実施の形態】

(実施形態 1)

図 1 を用いて、非晶質半導体膜の全面に触媒作用のある金属元素を全面に添加して結晶化した後、希ガス元素（本実施形態においては、A r）を含む半導体膜を成膜し、この膜をゲッタリングサイトとして用いてゲッタリングを行う方法について説明する。

【 0 0 2 9 】

図 1 (A) において、基板 1 0 0 はその材質に特段の限定はないが、好ましくはバリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラス、或いは石英などを用いることができる。基板 1 0 0 の表面には、下地絶縁膜 1 0 1 として無機絶縁膜を 1 0 ~ 2 0 0 nm の厚さで形成する。好適な下地絶縁膜の一例は、プラズマ C V D 法で作製される酸化窒化シリコン膜であり、 SiH_4 、 NH_3 、 N_2O から作製される第 1 酸化窒化シリコン膜を 5 0 nm の厚さに形成し、 SiH_4 と N_2O から作製される第 2 酸化窒化シリコン膜を 1 0 0 nm の厚さに形成したものを適用する。下地絶縁膜 1 0 1 はガラス基板に含まれるアルカリ金属がこの上層に形成する半導体膜中に拡散しないために設けるものであり、石英を基板とする場合には省略

することも可能である。

【0030】

下地絶縁膜101の上に形成する非晶質半導体膜102は、シリコンを主成分とする半導体材料を用いる。代表的には、非晶質シリコン膜又は非晶質シリコンゲルマニウム膜などが適用され、プラズマCVD法や減圧CVD法、或いはスパッタ法で10～100nmの厚さに形成する。良質な結晶を得るためには、非晶質半導体膜102に含まれる酸素、窒素などの不純物濃度を $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以下に低減させておくが良い。これらの不純物は非晶質半導体の結晶化を妨害する要因となり、また結晶化後においても捕獲中心や再結合中心の密度を増加させる要因となる。そのために、高純度の材料ガスを用いることはもとより、反応室内の鏡面処理（電界研磨処理）やオイルフリーの真空排気系を備えた超高真空対応のCVD装置を用いることが望ましい。

【0031】

その後、非晶質半導体膜102の表面に、結晶化を促進する触媒作用のある金属元素を添加する（図1（b））。半導体膜の結晶化を促進する触媒作用のある金属元素としては鉄（Fe）、ニッケル（Ni）、コバルト（Co）、ルテニウム（Ru）、ロジウム（Rh）、パラジウム（Pd）、オスミウム（Os）、イリジウム（Ir）、白金（Pt）、銅（Cu）、金（Au）などであり、これらから選ばれた一種または複数種を用いることができる。代表的にはニッケルを用い、重量換算で1～100ppmのニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液をスピナーで塗布して触媒含有層103を形成する。この場合、当該溶液の馴染みをよくするために、非晶質半導体膜102の表面処理として、オゾン含有水溶液で極薄い酸化膜を形成し、その酸化膜をフッ酸と過酸化水素水の混合液でエッチングして清浄な表面を形成した後、再度オゾン含有水溶液で処理して極薄い酸化膜を形成しておく。シリコンなど半導体膜の表面は本来疎水性なので、このように酸化膜を形成しておくことにより酢酸ニッケル塩溶液を均一に塗布することができる。

【0032】

勿論、触媒含有層103はこのような方法に限定されず、スパッタ法、蒸着法、プラズマ処理などにより形成しても良い。また、触媒元素含有層103は非晶

質半導体膜 1 0 2 を形成する前、即ち下地絶縁膜 1 0 1 上に形成しておいても良い。

【 0 0 3 3 】

非晶質半導体膜 1 0 2 と触媒元素含有層 1 0 3 とを接触した状態を保持したまま結晶化のための加熱処理を行う。加熱処理の方法としては、電熱炉を用いるファーンズアニール法や、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ、高圧水銀ランプなどを用いた瞬間熱アニール (Rapid Thermal Annealing) 法 (以下、R T A 法と記す) を採用する。生産性を考慮すると、R T A 法を採用することが好ましいと考えられる。

【 0 0 3 4 】

R T A 法で行う場合には、加熱用のランプ光源を 1 ～ 6 0 秒、好ましくは 3 0 ～ 6 0 秒点灯させ、それを 1 ～ 1 0 回、好ましくは 2 ～ 6 回繰り返す。ランプ光源の発光強度は任意なものとするが、半導体膜が瞬間的には 6 0 0 ～ 1 0 0 0 ℃、好ましくは 6 5 0 ～ 7 5 0 ℃程度にまで加熱されるようにする。このような高温になったとしても、半導体膜が瞬間的に加熱されるのみであり、基板 1 0 0 はそれ自身が歪んで変形することはない。こうして、非晶質半導体膜を結晶化させ、図 1 (c) に示す結晶質半導体膜 1 0 4 を得ることができるが、このような処理で結晶化できるのは触媒元素含有層を設けることによりはじめて達成できるものである。

【 0 0 3 5 】

その他の方法としてファーンズアニール法を用いる場合には、加熱処理に先立ち、5 0 0 ℃にて 1 時間程度の加熱処理を行い、非晶質半導体膜 1 0 2 が含有する水素を放出させておく。そして、電熱炉を用いて窒素雰囲気中にて 5 5 0 ～ 6 0 0 ℃、好ましくは 5 8 0 ℃で 4 時間の加熱処理を行い非晶質半導体膜 1 0 2 を結晶化させる。こうして、図 1 (c) に示す結晶質半導体膜 1 0 4 を形成する。

【 0 0 3 6 】

さらに結晶化率 (膜の全体積における結晶成分の割合) を高め、結晶粒内に残される欠陥を補修するためには、図 1 (d) で示すように結晶質半導体膜 1 0 4

に対してレーザ光を照射することにも有効である。レーザには波長400nm以下のエキシマレーザ光や、YAGレーザの第2高調波、第3高調波を用いる。いずれにしても、繰り返し周波数10～1000Hz程度のパルスレーザ光を用い、当該レーザ光を光学系にて100～400mJ/cm²に集光し、90～95%のオーバーラップ率をもって結晶質半導体膜104に対するレーザ処理を行っても良い。

【0037】

このようにして得られる結晶質半導体膜105には、触媒元素（ここではニッケル）が残存している。それは膜中において一様に分布していないにしろ、平均的な濃度とすれば、 $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ を越える濃度で残存している。勿論、このような状態でもTFETをはじめ各種半導体素子を形成することが可能であるが、以降に示す方法でゲッタリングにより当該元素を除去する。

【0038】

まず、図2(a)に示すように結晶質半導体膜105の表面に薄い層106を形成する。本明細書において、結晶質半導体膜105上に設けた薄い層106は、後にゲッタリングサイトを除去する際に、第1の半導体膜105がエッチングされないように設けた層で、バリア層106ということにする。

【0039】

バリア層106の厚さは1～10nm程度とし、簡便にはオゾン水で処理することにより形成されるケミカルオキシaidをバリア層としても良い。また、硫酸、塩酸、硝酸などと過酸化水素水を混合させた水溶液で処理しても同様にケミカルオキシaidを形成することができる。他の方法としては、酸化雰囲気中でのプラズマ処理や、酸素含有雰囲気中での紫外線照射によりオゾンが発生させて酸化処理を行っても良い。また、クリーンオーブンをを用い、200～350℃程度に加熱して薄い酸化膜を形成しバリア層としても良い。或いは、プラズマCVD法やスパッタ法、蒸着法などで1～5nm程度の酸化膜を堆積してバリア層としても良い。いずれにしても、ゲッタリング工程時に、触媒元素がゲッタリングサイト側に移動できて、ゲッタリングサイトの除去工程時には、エッチング液がしみこまない（結晶性半導体膜105をエッチング液から保護する）膜、例えば、オゾン水で処理することにより形成されるケミカルオキシaid膜、酸化シリコン膜（

SiO_x)、または多孔質膜を用いればよい。

【0040】

次いで、バリア層106上にスパッタ法でゲッタリングサイト107として、膜中に希ガス元素を $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 以上の濃度で含む第2の半導体膜（代表的には、非晶質シリコン膜）を25～250nmの厚さで形成する。後に除去されるゲッタリングサイト107は結晶質半導体膜105とエッチングの選択比を大きくするため、密度の低い膜を形成することが好ましい。

【0041】

なお本実施形態では、成膜圧力を0.2～1.2Paまで0.2Pa間隔でふって順に成膜し、成膜された膜中のArの濃度を測定した結果を図9に示す。圧力以外の成膜条件は、ガス（Ar）流量を50（sccm）、成膜パワーを3kW、基板温度を150℃としている。

【0042】

図9より、成膜圧力が低ければ低いほど、膜中のAr濃度が高くなりゲッタリングサイトとして好適な膜が成膜できることがわかる。この理由として、スパッタの成膜圧力が低い方が反応室内のArガスと反跳原子（ターゲット表面で反射されるAr原子）との衝突確率が小さくなるため、反跳原子が基板に入射しやすくなることがあげられる。従って、以上の実験結果より本実施形態の装置を用いた場合、成膜の圧力を0.2～1.0Paとし他の条件を表1に示した条件を採用すれば、希ガス元素を $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ 、好ましくは、 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 、より好ましくは $5 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ の濃度で含み、ゲッタリング効果が得られる半導体膜をスパッタ法で成膜することができる。

【0043】

なお、希ガス元素は半導体膜中でそれ自体は不活性であるため、結晶質半導体膜105に悪影響を及ぼすことはない。また、希ガス元素としてはヘリウム（He）、ネオン（Ne）、アルゴン（Ar）、クリプトン（Kr）、キセノン（Xe）から選ばれた一種または複数種を用いる。本発明はゲッタリングサイトを形成するためにこれら希ガス元素をイオンソースとして用いること、またこれら元素が含まれた半導体膜を形成し、この膜をゲッタリングサイトとすることに特徴

を有する。

【0044】

ゲッターリングを確実に成し遂げるにはその後加熱処理をすることが必要となる。加熱処理はファーネスアニール法やRTA法で行う。ファーネスアニール法で行う場合には、窒素雰囲気中にて450～600℃で0.5～12時間の加熱処理を行う。また、RTA法を用いる場合には、加熱用のランプ光源を1～60秒、好ましくは30～60秒点灯させ、それを1～10回、好ましくは2～6回繰り返す。ランプ光源の発光強度は任意なものとするが、半導体膜が瞬間的には600～1000℃、好ましくは700～750℃程度にまで加熱されるようにする。

【0045】

ゲッターリングは、被ゲッターリング領域（捕獲サイト）にある触媒元素が熱エネルギーにより放出され、拡散によりゲッターリングサイトに移動する。従って、ゲッターリングは処理温度に依存し、より高温であるほど短時間でゲッターリングが進むことになる。本発明において、触媒元素がゲッターリングの際に移動する距離は図2（c）において矢印で示すように、半導体膜の厚さ程度の距離であり、比較的短時間でゲッターリングを完遂することができる。

【0046】

なお、この加熱処理によっても $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 、好ましくは $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 、より好ましくは $5 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ の濃度で希ガス元素を含む半導体膜107は結晶化することはない。これは、希ガス元素が上記処理温度の範囲においても再放出されず膜中に残存して、半導体膜の結晶化を阻害するためであると考えられる。

【0047】

希ガスを含む半導体膜（ゲッターリングサイト）107には、図14で示すように、希ガス存在領域109として3パターンが考えられる。

図14（a）は、ゲッターリングサイト107の膜圧途中まで希ガス元素が存在している様子を示している。この場合、ゲッターリングされた触媒元素は、結晶質半導体膜105から離れた希ガス存在領域109に移動させることができる。

図14 (b) は、ゲッターリングサイト107膜中すべてに希ガス元素が存在している様子を示している。この場合、触媒元素の移動距離が短いため、短時間でゲッターリング処理を行うことができる。

図14 (c) は、ゲッターリングサイト107からバリア層106を通過して、結晶質半導体膜105にまで希ガス存在が達している様子を示している。原子サイズが異なる希ガス元素の影響で、バリア層106が多孔質になると考えられる。このため、触媒元素がゲッターリングサイトに移動しやすくなると考えられる。なお、希ガス元素は半導体膜中でそれ自体は不活性であるため、結晶質半導体膜105に悪影響を及ぼすことはない。

スパッタ法またはプラズマCVD法のどちらを用いても、成膜のパワーを変化させれば、図14 (a) ~ (c) の希ガス存在領域とすることができる。

【0048】

ゲッターリング工程終了後、非晶質半導体107を選択的にエッチングして除去する。エッチングの方法としては、 ClF_3 によるプラズマを用いないドライエッチング、或いはヒドラジンや、テトラエチルアンモニウムハイドロオキシド（化学式 $(\text{CH}_3)_4\text{NOH}$ ）を含む水溶液などアルカリ溶液によるウェットエッチングで行うことができる。この時バリア層106はエッチングストッパーとして機能する。また、バリア層106はその後フッ酸により除去すれば良い。

【0049】

こうして図2 (c) に示すように触媒元素の濃度が $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下にまで低減された結晶質半導体膜108を得ることができる。こうして形成された結晶質半導体膜108は、触媒元素の作用により細い棒状又は細い扁平棒状結晶として形成され、その各々の結晶は巨視的に見ればある特定の方向性をもって成長している。このような結晶質半導体膜108はTFTの活性層のみでなく、フォトセンサや太陽電池の光電変換層にも適用することができる。

【0050】

（実施形態2）

ゲッターリングサイトとして、希ガス元素を含む半導体膜を形成する方法として、プラズマCVD法を用いることもできる。

【0051】

実施形態1に従い、バリア層106を形成した後、バリア層106上にプラズマCVD法で希ガス元素を含む半導体膜107を25～250nmの厚さで形成する。

【0052】

材料ガスを $Ar : SiH_4 = 500 : 100$ (sccm)、成膜圧力を33.3Pa、パワーを35W、基板温度を300℃として、希ガス元素を含む半導体膜107を形成した後、加熱処理を行い、結晶質半導体膜105中の触媒元素をゲッターリングサイト（希ガスを含む半導体膜）107に移動させることができる。このようにして、ゲッターリングサイトの形成方法がプラズマCVD法によっても、触媒元素の濃度が $1 \times 10^{17}/cm^3$ 以下にまで低減された結晶質半導体膜108を得ることができる。

【0053】

なお、図17(c)に示すように、希ガスを含む半導体膜107を形成した後、さらにイオンドープ法で希ガスを含む半導体膜107に対して希ガス元素（ヘリウム(He)、ネオン(Ne)、アルゴン(Ar)、クリプトン(Kr)、キセノン(Xe)から選ばれた元素一種または複数種)を添加してもよい。このように、希ガスを含む半導体膜107を成膜した後、さらに原子サイズが異なる希ガスを添加する工程を行うことで、バリア層106を多孔質にすることもできる。さらに、半導体膜107により大きな歪みを生じさせ、結晶性半導体膜105とのエッチングの選択比を大きくすることができる。

【0054】

(実施形態3)

図7は本発明の一実施形態を説明する図であり、加熱処理により結晶構造を有する半導体膜を形成した後、ゲッターリングを行い、さらにレーザ光など強光の照射により結晶性を向上させる方法について説明する。尚、図7では実施形態1において説明に用いた図1、2と共通する符号を用いて説明する。

【0055】

図7(a)及び図7(b)は実施の形態1と同様の工程であり、基板100上

に下地絶縁膜101、非晶質半導体膜102、触媒元素含有層103を形成した後、加熱処理により結晶質半導体膜104を形成する。

【0056】

その後、図7(c)に示すように、結晶質半導体膜104の表面にバリア層106を形成し、さらに希ガス元素を含む半導体膜107を形成する。半導体膜107は、成膜時に希ガス元素が $1 \times 10^{20} \sim 2.5 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ の濃度で含まれるようにスパッタ法またはプラズマCVD法を用いて成膜される。

【0057】

そして、図7(d)に示すように加熱処理をファーンেসアニール法やRTA法で行う。ファーンেসアニール法で行う場合には、窒素雰囲気中にて450～600℃で0.5～12時間の加熱処理を行う。また、RTA法を用いる場合には、加熱用のランプ光源を1～60秒、好ましくは30～60秒点灯させ、それを1～10回、好ましくは2～6回繰り返す。ランプ光源の発光強度は任意なものとするが、半導体膜が瞬間的には600～1000℃、好ましくは700～750℃程度にまで加熱されるようにする。また、YAGレーザー、YLFレーザー、YVO₄レーザーの第2高調波(波長532nm)を照射してもゲッタリングを行うことができる。ゲッタリングは、捕獲サイトにある触媒元素が熱エネルギーにより放出され、拡散によりゲッタリングサイトに移動する。従って、ゲッタリングは処理温度に依存し、より高温であるほど短時間でゲッタリングが進むことになる。図7(d)において矢印で示すように、触媒元素が移動する方向は半導体膜の厚さ程度の距離であり、ゲッタリングは比較的短時間で完遂する。

【0058】

なお、この加熱処理によっても、 $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ 、好ましくは $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 、より好ましくは $5 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ の濃度で希ガス元素を含む半導体膜107は結晶化することはない。これは、希ガス元素が上記処理温度の範囲においても再放出されず膜中に残存して、半導体膜の結晶化を阻害するためであると考えられる。

【0059】

その後、半導体膜107を選択的にエッチングして除去する。エッチングの方

法としては、 ClF_3 によるプラズマを用いないドライエッチング、或いはヒドラジンや、テトラエチルアンモニウムハイドロオキサイド（化学式 $(\text{CH}_3)_4\text{NOH}$ ）を含む水溶液などアルカリ溶液によるウエットエッチングで行うことができる。この時バリア層106はエッチングストッパーとして機能する。また、バリア層106はその後フッ酸により除去すれば良い。

【0060】

さらに結晶化率（膜の全体積における結晶成分の割合）を高め、結晶粒内に残される欠陥を補修するためには、図7（e）で示すように結晶構造を有する半導体膜104に対してレーザ光を照射することも有効である。レーザには波長400nm以下のエキシマレーザ光や、YAGレーザの第2高調波、第3高調波を用いる。いずれにしても、繰り返し周波数10～1000Hz程度のパルスレーザ光を用い、当該レーザ光を光学系にて100～400mJ/cm²に集光し、90～95%のオーバーラップ率をもって照射し、結晶質半導体膜108を形成する。

【0061】

（実施形態4）

図8は本発明の一実施形態を説明する図であり、非晶質半導体膜の全面に触媒作用のある金属元素を全面に添加し結晶化すると共にゲッタリングを同時に行う方法である。

【0062】

まず、図8（A）に示すように、下地絶縁膜301上に触媒元素含有層302を形成する。これは、触媒元素を含む水溶液またはアルコール液をスピナーで塗布しても良いし、スパッタ法、蒸着法、プラズマ処理などにより形成しても良い。

【0063】

その後、図8（B）に示すように非晶質半導体膜303を、プラズマCVD法や減圧CVD法、或いはスパッタ法で10～100nmの厚さに形成する。さらにバリア層304を形成する。これらの形成方法は実施形態1と同様にする。

【0064】

図8（C）で示すように、その上に実施形態1で示したスパッタ法や実施形態

2で示したプラズマCVD法で希ガス元素を $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ 、好ましくは、 $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 、より好ましくは $5 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ の濃度含んだ半導体膜305を25~250nmの厚さで形成する。代表的には非晶質シリコン膜を選択する。この半導体膜305は、後に除去するので、密度の低い膜としておくことが望ましい。

【0065】

そして、図8(D)に示すように加熱処理を行う。加熱処理の方法としては、電熱炉を用いるファーネスアニール法や、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプ、高圧水銀ランプなどを用いたRTA法で行う。

【0066】

RTA法で行う場合には、加熱用のランプ光源を1~60秒、好ましくは30~60秒点灯させ、それを1~10回、好ましくは2~6回繰り返す。ランプ光源の発光強度は任意なものとするが、半導体膜が瞬間的には600~1000℃、好ましくは650~750℃程度にまで加熱されるようにする。このような高温になったとしても、半導体膜が瞬間的に加熱されるのみであり、基板100はそれ自身が歪んで変形することはない。また、ファーネスアニール法を用いる場合には、加熱処理に先立ち、500℃にて1時間程度の加熱処理を行い、非晶質構造を有する半導体膜303が含有する水素を放出させておく。そして、電熱炉を用いて窒素雰囲気中にて550~600℃、好ましくは580℃で4時間の加熱処理を行い結晶化を行う。

【0067】

この加熱処理により、触媒元素が非晶質構造を有する半導体膜303に染みだし、結晶化させるながら半導体膜305に向かって(図8(d)の矢印の方向)拡散する。これにより1回の加熱処理で結晶化とゲッタリングが同時に行われる。

【0068】

その後、半導体膜305を選択的にエッチングして除去する。エッチングの方法としては、 ClF_3 によるプラズマを用いないドライエッチング、或いはヒドラ

ジンや、テトラエチルアンモニウムハイドロオキシド（化学式 $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+\text{OH}^-$ ）を含む水溶液などアルカリ溶液によるウェットエッチングで行うことができる。この時バリア層 304 はエッチングストッパーとして機能する。また、バリア層 304 はその後フッ酸により除去すれば良い。

【0069】

こうして図 8 (e) に示すように触媒元素の濃度が $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下にまで減じられた結晶構造を有する半導体膜（第 1 の半導体膜）306 を得ることができる。この結晶質半導体膜 306 の結晶性を高めるためには、実施形態 1 と同様にレーザ光を照射しても良い。

【0070】

こうして形成される結晶質半導体膜 306 は、触媒元素の作用により細い棒状又は細い扁平棒状結晶として形成され、その各々の結晶は巨視的に見ればある特定の方向性をもって成長している。このような結晶質半導体膜 306 は TFT の活性層のみでなく、フォトセンサや太陽電池の光電変換層にも適用することができる。

【0071】

【実施例】

（実施例 1）

本発明の実施例を図 1 ～ 図 6 を用いて説明する。ここでは、同一基板上に画素部と、画素部の周辺に設ける駆動回路の TFT（n チャネル型 TFT 及び p チャネル型 TFT）を同時に作製する方法について詳細に説明する。

【0072】

図 1 (A) において、基板 100 はガラス基板、石英基板、セラミック基板などを用いることができる。また、シリコン基板、金属基板またはステンレス基板の表面に絶縁膜を形成したものを用いても良い。また、本実施例の処理温度に耐えうる耐熱性を有するプラスチック基板を用いてもよい。

【0073】

そして、図 1 (a) に示すように基板 100 上に酸化シリコン膜、窒化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜 (SiO_xN_y) 等の絶縁膜から成る下地絶縁膜 1

01を形成する。代表的な一例は下地絶縁膜101として2層構造から成り、 SiH_4 、 NH_3 、及び N_2O を反応ガスとして成膜される第1酸化窒化シリコン膜101aを50~100nm、 SiH_4 、及び N_2O を反応ガスとして成膜される第2酸化窒化シリコン膜101bを100~150nmの厚さに積層形成する構造が採用される。

【0074】

活性層とする半導体膜は、下地膜101上に形成した非晶質半導体膜を結晶化して得る。非晶質半導体膜は30~60nmの厚さで形成し、その後、非晶質半導体膜102の表面に、結晶化を促進する触媒作用のある金属元素（本実施例では、ニッケル）を重量換算で1~100ppmのニッケルを含む酢酸ニッケル塩溶液をスピナーで塗布して触媒含有層103を形成する（図1（b））。

【0075】

非晶質半導体膜102と触媒元素含有層103とを接触した状態を保持したまま結晶化のための加熱処理を行う。本実施例では、RTA法で加熱処理を行う。加熱用のランプ光源を1~60秒、好ましくは30~60秒点灯させ、それを1~10回、好ましくは2~6回繰り返す。ランプ光源の発光強度は任意なものとするが、半導体膜が瞬間的には600~1000℃、好ましくは650~750℃程度にまで加熱されるようにする。このような高温になったとしても、半導体膜が瞬間的に加熱されるのみであり、基板100はそれ自身が歪んで変形することはない。こうして、非晶質半導体膜を結晶化させ、図1（c）に示す結晶質半導体膜104を得ることができる。

【0076】

さらに結晶化率（膜の全体積における結晶成分の割合）を高め、結晶粒内に残される欠陥を補修するためには、図1（d）で示すように結晶質半導体膜104に対してレーザー光を照射する。レーザーには波長400nm以下のエキシマレーザー光や、YAGレーザーの第2高調波、第3高調波を用いる。いずれにしても、繰り返し周波数10~1000Hz程度のパルスレーザー光を用い、当該レーザー光を光学系にて100~400mJ/cm²に集光し、90~95%のオーバーラップ率をもって結晶質半導体膜104に対するレーザー処理を行っても良い。

【0077】

次いで、結晶質半導体膜105中に含まれる触媒元素を除去するためにゲッターリング処理を行う。図2(a)に示すように結晶質半導体膜105上にバリア層106を形成する。バリア層106としては、触媒元素(ニッケル)をゲッターリングサイトに貫通させることができ、さらにゲッターリングサイトの除去工程において用いるエッチング液がしみこまない多孔質膜を形成する。例えば、オゾン水で処理することにより形成されるケミカルオキサイド膜、酸化シリコン膜(SiO_x)を用いればよい。本明細書中では、このような性質を有する膜を特に多孔質膜という。

【0078】

次いで、ゲッターリングサイトとして希ガス元素を含む半導体膜107を形成する。本実施例では、Arの流量を50(sccm)、成膜圧力を0.2Pa、パワー3kW、基板温度150℃として希ガス元素を $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ 、好ましくは $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 、より好ましくは $5 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ の濃度で含む半導体膜107を成膜する。

【0079】

その後RTA法を用いて加熱処理を行い、触媒元素をゲッターリングサイトに縦方向に移動させる。加熱条件としては、加熱用のランプ光源を1~60秒、好ましくは30~60秒点灯させ、それを1~10回、好ましくは2~6回繰り返す。ランプ光源の発光強度は任意なものとするが、半導体膜が瞬間的には600~1000℃、好ましくは700~750℃程度にまで加熱されるようにする。

【0080】

ゲッターリング工程終了後、非晶質半導体107を選択的にエッチングして除去する。エッチングの方法としては、 ClF_3 によるプラズマを用いないドライエッチング、或いはヒドラジンや、テトラエチルアンモニウムハイドロオキサイド(化学式 $(\text{CH}_3)_4\text{NOH}$)を含む水溶液などアルカリ溶液によるウェットエッチングで行うことができる。この時バリア層106はエッチングストッパーとして機能する。また、バリア層106はその後フッ酸により除去すれば良い。

【0081】

結晶化を改善するために、結晶化工程後、レーザ光を照射してもよい。その後、得られた結晶質半導体膜を所望の形状にエッチング処理して島状に分離された半導体層102～106を形成する。

【0082】

また、半導体層102～106を形成した後、nチャネル型TFTのしきい値(V_{th})を制御するためにp型を付与する不純物元素を添加してもよい。半導体に対してp型を付与する不純物元素には、ボロン(B)、アルミニウム(Al)、ガリウム(Ga)など周期律第13族元素が知られている。

【0083】

次いで、島状に分離された半導体層1102～1106を覆うゲート絶縁膜1107を形成する。ゲート絶縁膜1107は、プラズマCVD法やスパッタ法で形成し、その厚さを40～150nmとしてシリコンを含む絶縁膜で形成する。勿論、このゲート絶縁膜は、シリコンを含む絶縁膜を単層或いは積層構造として用いることができる。

【0084】

酸化シリコン膜を用いる場合には、プラズマCVD法でTEOS (Tetraethyl Ortho Silicate) と O_2 を混合し、反応圧力40Pa、基板温度300～400℃とし、高周波(13.56MHz)電力密度0.5～0.8W/cm²で放電させて形成することができる。このようにして作製される酸化シリコン膜は、形成後400～500℃の熱アニールによりゲート絶縁膜として良好な特性を得ることができる。

【0085】

ゲート絶縁膜1107上には膜厚20～100nmの第1の導電膜として窒化タンタル(TaN)1108と、膜厚100～400nmの第2の導電膜としてタングステン(W)1109とを積層形成する。ゲート電極を形成するための導電性材料としてはTa、W、Ti、Mo、Al、Cuから選ばれた元素、または前記元素を主成分とする合金材料もしくは化合物材料で形成する。また、リン等の不純物元素をドーピングした多結晶シリコン膜に代表される半導体膜を用いてもよい。また、第1の導電膜をタンタル(Ta)膜で形成し、第2の導電膜をW

膜とする組み合わせ、第1の導電膜を窒化タンタル (Ta₂N₅) 膜で形成し、第2の導電膜をAl膜とする組み合わせ、第1の導電膜を窒化タンタル (Ta₂N₅) 膜で形成し、第2の導電膜をCu膜とする組み合わせとしてもよい。

【0086】

次に、図3 (B) に示すように光露光工程によりレジストからなるマスク1110～1115を形成し、ゲート電極及び配線を形成するための第1のエッチング処理を行う。エッチングにはICP (Inductively Coupled Plasma: 誘導結合型プラズマ) エッチング法を用いると良い。用いるエッチング用ガスに限定はないが、WやTa₂N₅のエッチングにはCF₄とCl₂とO₂とを用いることが適している。それぞれのガス流量比を25/25/10 (sccm) とし、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF (13.56MHz) 電力を投入してプラズマを生成してエッチングを行う。基板側 (試料ステージ) にも150WのRF (13.56MHz) 電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。この第1のエッチング条件によりW膜をエッチングして第1の導電層の端部をテーパ形状とする。

【0087】

この後、第2のエッチング条件に変え、エッチング用ガスにCF₄とCl₂とを用い、それぞれのガス流量比を30/30 (sccm) とし、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF (13.56MHz) 電力を投入してプラズマを生成して約30秒程度のエッチングを行う。基板側 (試料ステージ) にも20WのRF (13.56MHz) 電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。CF₄とCl₂を混合した第2のエッチング条件ではW膜及びTa₂N₅膜とも同程度にエッチングされる。なお、ゲート絶縁膜上に残渣を残すことなくエッチングするためには、10～20%程度の割合でエッチング時間を増加させると良い。

【0088】

この第1のエッチング処理では、レジストからなるマスクの形状に適したものとすることにより、基板側に印加するバイアス電圧の効果により第1の導電層及び第2の導電層の端部がテーパ形状となる。このテーパ部の角度は15～4

5° となる。こうして、第1のエッチング処理により第1の導電層と第2の導電層から成る第1の形状の導電層1117~1122 (第1の導電層1117a~1122aと第2の導電層1117b~1122b) を形成する。1116はゲート絶縁膜であり、第1の形状の導電層1117~1122で覆われない領域は20~50nm程度エッチングされ薄くなった領域が形成される。

【0089】

次に、レジストからなるマスク1110~1115を除去せずに図3 (C) に示すように第2のエッチング処理を行う。エッチング用ガスに CF_4 と Cl_2 と O_2 とを用い、それぞれのガス流量比を20/20/20 (sccm) とし、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF (13.56MHz) 電力を投入してプラズマを生成してエッチングを行う。基板側 (試料ステージ) には20WのRF (13.56MHz) 電力を投入し、第1のエッチング処理に比べ低い自己バイアス電圧を印加する。この第3のエッチング条件によりW膜をエッチングする。こうして、上記第3のエッチング条件によりW膜を異方性エッチングして第2の形状の導電層1124~1129 (第1の導電層1124a~1129aと第2の導電層1124b~1129b) を形成する。1123はゲート絶縁膜であり、第1の形状の導電層1117~1122で覆われない領域は20~50nm程度エッチングされ薄くなった領域が形成される。

【0090】

W膜やTa₂N膜に対する CF_4 と Cl_2 の混合ガスによるエッチング反応は、生成されるラジカルまたはイオン種と反応生成物の蒸気圧から推測することができる。WとTa₂Nのフッ化物と塩化物の蒸気圧を比較すると、Wのフッ化物である WF_6 が極端に高く、その他の WCl_5 、 TaF_5 、 TaCl_5 は同程度である。従って、 CF_4 と Cl_2 の混合ガスではW膜及びTa₂N膜共にエッチングされる。しかし、この混合ガスに適量の O_2 を添加すると CF_4 と O_2 が反応して CO と F になり、 F ラジカルまたは F イオンが多量に発生する。その結果、フッ化物の蒸気圧が高いW膜のエッチング速度が増大する。一方、Ta₂Nは F が増大しても相対的にエッチング速度の増加は少ない。また、Ta₂NはWに比較して酸化されやすいので、 O_2 を添加することでTa₂Nの表面が多少酸化される。Ta₂Nの酸化物

はフッ素や塩素と反応しないため、さらにTaN膜のエッチング速度は低下する。従って、W膜とTaN膜とのエッチング速度に差を作ることが可能となりW膜のエッチング速度をTaN膜よりも大きくすることが可能となる。

【0091】

そして、レジストからなるマスクを除去せずに第1のドーピング処理を行い、半導体層にn型を付与する不純物元素を添加する。ドーピング処理はイオンドーブ法、もしくはイオン注入法で行えば良い。イオンドーブ法の条件はドーズ量を $1.5 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^2$ とし、加速電圧を60～100keVとして行う。n型を付与する不純物元素として15族に属する元素、典型的にはリン(P)または砒素(As)を用いる。この場合、第2形状の導電層1124～1128がn型を付与する不純物元素に対するマスクとなり、自己整合的に第1の不純物領域1123～1127が形成される。第1の不純物領域1130～1134には $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ の濃度範囲でn型を付与する不純物元素を添加する。

【0092】

次いで、図4(A)に示すようにレジストからなるマスク1135、1136を形成し第2のドーピング処理を行う。マスク1135は駆動回路のpチャネル型TFETを形成する半導体層のチャネル形成領域及びその周辺の領域を保護するマスクであり、マスク1136は画素部のTFETを形成する半導体層のチャネル形成領域及びその周辺の領域を保護するマスクである。

【0093】

第2のドーピング処理におけるイオンドーブ法の条件はドーズ量を $1.5 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$ とし、加速電圧を60～100keVとしてリン(P)をドーピングする。ここでは、第2形状の導電層1124～1128及びゲート絶縁膜1123の膜厚の差を利用して各半導体層に不純物領域を行う。勿論、マスク1135、1136で覆われた領域にはリン(P)は添加されない。こうして、第2の不純物領域1180～1182と第3の不純物領域1137～1141が形成される。第3の不純物領域1137～1141には $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ の濃度範囲でn型を付与する不純物元素を添加されている。また、第2の不純物領域はゲート絶縁膜の膜厚差により第3の不純物領域よりも低濃度に形成され、

$1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ の濃度範囲でn型を付与する不純物元素を添加されることになる。

【0094】

次いで、新たにレジストからなるマスク1142～1144を形成して図4（B）に示すように第3のドーピング処理を行う。この第3のドーピング処理により、pチャネル型TFTを形成する半導体層にp型の導電型を付与する不純物元素が添加された第4の不純物領域1147及び第5の不純物領域1145、1146を形成する。第4の不純物領域は第2形状の導電層と重なる領域に形成されるものであり、 $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ の濃度範囲でp型を付与する不純物元素が添加されるようにする。また、第5の不純物領域1145、1146には $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ の濃度範囲でp型を付与する不純物元素が添加されるようにする。尚、第5の不純物領域1146には先の工程でリン（P）が添加された領域であるが、p型を付与する不純物元素の濃度がその1.5～3倍添加されていて導電型はp型となっている。

【0095】

なお、第5の不純物領域1148、1149及び第4の不純物領域1150は画素部において保持容量を形成する半導体層に形成される。

【0096】

以上までの工程でそれぞれの半導体層にn型またはp型の導電型を有する不純物領域が形成される。第2の形状の導電層1124～1127はゲート電極となる。また、第2の形状の導電層1128は画素部において保持容量を形成する一方の電極となる。さらに、第2の形状の導電層1129は画素部においてソース配線を形成する。

【0097】

次いで、ほぼ全面を覆う第1の層間絶縁膜1151を形成する。この第1の層間絶縁膜1151は、プラズマCVD法またはスパッタ法を用い、厚さを100～200nmとしてシリコンと水素を含む絶縁膜で形成する。その好適な一例は、プラズマCVD法により形成される膜厚150nmの酸化窒化シリコン膜である。勿論、第1の層間絶縁膜1151は酸化窒化シリコン膜に限定されるもので

なく、他のシリコンを含む絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。

【0098】

その後、それぞれの半導体層に添加された不純物元素を活性化処理する工程を行う。この活性化はファーンেসアニール炉またはクリーンオープンを用いて加熱処理を行うことで実現する。加熱処理の温度は窒素雰囲気中で400～700℃、代表的には410～500℃で行う。なお、この他に、レーザーアニール法、またはラピッドサーマルアニール法（RTA法）を適用することができる。

【0099】

上記活性化処理と同時に、結晶化の際に触媒として使用したニッケルが高濃度のリンを含む第3の不純物領域1137、1139、1140、及び第5の不純物領域1146、1149ゲッタリングされ、主にチャネル形成領域となる半導体層中のニッケル濃度が低減される。その結果、チャネル形成領域を有するTFTはオフ電流値が下がり、結晶性が良いことから高い電界効果移動度が得られ、良好な特性を達成することができる。

【0100】

次いで、図5に示すように、第1の層間絶縁膜1151上に有機絶縁物材料から成る第2の層間絶縁膜1174を形成する。次いで、ソース配線1127に達するコンタクトホールと各不純物領域に達するコンタクトホールを形成する。

【0101】

その後、Al、Ti、Mo、Wなどを用いて配線及び画素電極を形成する。例えば、膜厚50～250nmのTi膜と、膜厚300～500nmの合金膜（AlとTiとの合金膜）との積層膜を用いる。こうして、ソースまたはドレイン配線1153～1158、ゲート配線1160、接続配線1159、画素電極1161が形成される。

【0102】

以上の様にして、nチャネル型TFT401、pチャネル型TFT402、nチャネル型TFT403を有する駆動回路406と、nチャネル型TFT404、保持容量405とを有する画素部407を同一基板上に形成することができる。本明細書中ではこのような基板を便宜上アクティブマトリクス基板と呼ぶ。尚

、画素部 4 0 7 の T F T は p チヤネル型 T F T であっても良い。

【 0 1 0 3 】

駆動回路 4 0 6 の n チヤネル型 T F T 4 0 1 (第 2 の n チヤネル型 T F T) は
 チヤネル形成領域 1 1 6 2、ゲート電極を形成する第 2 の形状の導電層 1 1 2 4
 と一部が重なる第 2 の不純物領域 1 1 6 3 とソース領域またはドレイン領域とし
 て機能する第 3 の不純物領域 1 1 6 4 を有している。p チヤネル型 T F T 4 0 2
 にはチヤネル形成領域 1 1 6 5、ゲート電極を形成する第 2 の形状の導電層 1 1
 2 5 と一部が重なる第 4 不純物領域 1 1 6 6 とソース領域またはドレイン領域と
 して機能する第 4 の不純物領域 1 1 6 7 を有している。n チヤネル型 T F T 4 0
 3 (第 2 の n チヤネル型 T F T) にはチヤネル形成領域 1 1 6 8、ゲート電極を
 形成する第 2 の形状の導電層 1 1 2 6 と一部が重なる第 2 の不純物領域 1 1 6 9
 とソース領域またはドレイン領域として機能する第 3 の不純物領域 1 1 7 0 を有
 している。このような n チヤネル型 T F T 及び p チヤネル型 T F T によりシフト
 レジスタ回路、バッファ回路、レベルシフタ回路、ラッチ回路などを形成するこ
 とができる。特に、駆動電圧が高いバッファ回路には、ホットキャリア効果によ
 る劣化を防ぐ目的から、n チヤネル型 T F T 4 0 1 または 4 0 3 の構造が適して
 いる。

【 0 1 0 4 】

画素部 4 0 7 の画素 T F T 4 0 4 (第 1 の n チヤネル型 T F T) にはチヤネル
 形成領域 1 1 7 1、ゲート電極を形成する第 2 の形状の導電層 1 1 2 8 の外側に
 形成される第 1 の不純物領域 1 1 7 2 とソース領域またはドレイン領域として機
 能する第 3 の不純物領域 1 1 7 3 を有している。また、保持容量 4 0 5 の一方の
 電極として機能する半導体層には第 4 の不純物領域 1 1 7 6、第 5 の不純物領域
 1 1 7 7 が形成されている。保持容量 4 0 5 は、絶縁膜 (ゲート絶縁膜と同一膜
) を誘電体として、第 2 形状の電極 1 1 2 9 と、半導体層 1 1 0 6 とで形成され
 ている。

【 0 1 0 5 】

このような画素部 4 0 7 の上面図を図 6 に示す。図 6 ではほぼ一面素分の上面
 図を示し、付与する符号は図 5 と共通なものとしている。また、A - A' 及び B

—B'線の断面構造が図5に対応している。図6の画素構造において、ゲート配線とゲート電極とを異なる層上に形成することにより、ゲート配線と半導体層を重畳させることが可能となり、ゲート配線に遮光膜としての機能が付加されている。また、画素電極間の隙間が遮光されるように、画素電極の端部をソース配線と重なるように配置され、遮光膜（ブラックマトリクス）の形成を省略できる構造としている。その結果、従来に比べ開口率を向上させることが可能となっている。

【0106】

本発明は、画素部及び駆動回路が要求する回路仕様に依じて各回路を形成するTFTの構造を最適化し、半導体装置の動作性能及び信頼性を向上させることができる。具体的には、nチャネル型TFTは回路仕様に依じてLDD構造に変化をもたせている。上述のように、駆動回路のnチャネル型TFTはゲート電極と一部が重なるLDD構造として、主にホットキャリア効果によるTFTの劣化を防ぐ構造としている。また、画素部のnチャネル型TFTはゲート電極と重ならないLDD構造として、主にオフ電流を低減することを重視した構造としている。本発明はこのような構造の異なるnチャネル型TFTに加え、pチャネル型TFTを同一基板上に形成する技術を提供し、それを6枚のフォトマスクで作製可能にしている。また、画素電極を透明導電膜で形成すると、フォトマスクは1枚増えるものの、透過型の表示装置を形成することができる。

【0107】

(実施例2)

本実施例では、ボトムゲート型TFTの作製工程に本発明を適応することも可能である。図15、16を用いてボトムゲート型TFTの作製工程について簡単に説明する。

【0108】

基板50上に、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜等の絶縁膜を形成し（図示せず）、ゲート電極を形成するために導電膜を形成し、所望の形状にパターニングしてゲート電極51を得る。導電膜には、Ta、Ti、W、Mo、CrまたはAlから選ばれた元素またはいずれかの元素を主成分とする

導電膜を用いればよい（図15（a））。

【0109】

次いで、ゲート絶縁膜52を形成する。ゲート絶縁膜は、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜の単層、もしくはいずれかの膜の積層構造にしてもよい（図15（b））。

【0110】

次いで、非晶質半導体膜としてアモルファスシリコン膜53を熱CVD法、プラズマCVD法、減圧CVD法、蒸着法またはスパッタリング法により10～1150nm厚に形成する。なお、ゲート絶縁膜52とアモルファスシリコン膜53とは、同じ成膜法で形成することが可能であるため、両者を連続形成してもよい。連続形成することで、一旦大気に曝することがなくなり、表面の汚染を防ぐことができ、作製するTFTの特性バラツキやしきい値電圧の変動を低減することができる（図15（c））。

【0111】

次いで、アモルファスシリコン膜53に結晶化を促進する触媒元素を塗布して、触媒元素含有層54を形成する。続いて、加熱処理を行い、結晶質シリコン膜55を形成する。

【0112】

結晶化工程が終わったら、結晶質シリコン膜55上にバリア層56を形成する。バリア層56としては、実施形態1で示したような膜を用いればよい。なお、本実施例では、触媒元素（ニッケル）をゲッタリングサイトに貫通させることができ、さらにゲッタリングサイトの除去工程において用いるエッチング液がしみこまない多孔質膜、または、オゾン水で処理することにより形成されるケミカルオキサイド膜を形成する（図15（d））。

【0113】

次いで、ゲッタリングサイトとして希ガス元素を含む半導体膜57を形成する。本実施例では、Arの流量を50（sccm）、成膜圧力を0.2Pa、パワー3kW、基板温度150℃として希ガス元素を $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ 、好ましくは $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 、より好ましくは $5 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ の濃度で含

む半導体膜57を成膜する。

【0114】

次いで、結晶性半導体膜55から触媒元素をゲッタリングサイト57に移動させる（ゲッタリングする）ための加熱処理を行う。加熱処理は、RTA法、ファーンズアニール法のいずれを用いてもよい。この加熱処理により、結晶質半導体膜55の触媒元素濃度を $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下にまで減少させることができる。

ゲッタリング工程終了後、ゲッタリングサイト57およびバリア層56を除去する。

【0115】

次いで、後の不純物添加工程において結晶質シリコン膜（チャネル形成領域）を保護する絶縁膜58を100～400nm厚で形成する。この絶縁膜は、不純物元素を添加する時に結晶質シリコン膜が直接プラズマに曝されないようにするためと、さらに、微妙な濃度制御を可能にするために形成される。

【0116】

次いで、レジストからなるマスクを用いて、後のnチャネル型TFTの活性層となる結晶質シリコン膜にn型を付与する不純物元素、後のpチャネル型TFTの活性層となる結晶質シリコン膜にp型不純物元素を添加して、ソース領域、ドレイン領域、LDD領域を形成する。

【0117】

次いで、結晶質シリコン膜に添加された不純物元素を活性化する工程を行う。続いて、結晶質シリコン膜上の絶縁膜を除去し、結晶質シリコン膜を所望の形状にパターニングした後、層間絶縁膜59を形成する。層間絶縁膜は、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜等の絶縁膜から500～1500nm厚で形成する。その後、それぞれのTFTのソース領域またはドレイン領域に達するコンタクトホールを形成して、各TFTを電氣的に接続するための配線60を形成する。

【0118】

以上のように本発明は、TFTの形状に関わることなく適応することができる。

【0119】

(実施例3)

図10はアクティブマトリクス駆動方式の発光装置の構造を示す一例である。ここで示す駆動回路部650のnチャネル型TFT652、pチャネル型TFT653、及び画素部651のスイッチング用TFT654、電流制御用TFT655は実施例1と同様にして作製されるものである。

【0120】

ゲート電極608～611の上層には、窒化シリコン、酸化窒化シリコンからなる第1の層間絶縁膜618が形成され、保護膜として用いている。さらに平坦化膜として、ポリイミドまたはアクリルなど有機樹脂材料から成る第2の層間絶縁膜619を形成している。

【0121】

駆動回路部650の回路構成は、ゲート信号側駆動回路とデータ信号側駆動回路とで異なるがここでは省略する。nチャネル型TFT652及びpチャネル型TFT653には配線612、613が接続し、これらのTFTを用いてシフトレジスタやラッチ回路、バッファ回路などを形成している。

【0122】

画素部651では、データ配線614がスイッチング用TFT654のソース側に接続し、ドレイン側の配線615は電流制御用TFT655のゲート電極611と接続している。また、電流制御用TFT655のソース側は電源供給配線617と接続し、ドレイン側の電極616が発光素子の陽極と接続している。

【0123】

これらの配線上には窒化シリコンなどの有機絶縁材料から成る第2の層間絶縁膜627を形成している。有機樹脂材料は吸湿性があり、 H_2O を吸蔵する性質を持っている。その H_2O が再放出されると有機化合物に酸素を供給し、有機発光素子を劣化させる原因となるので、 H_2O の吸蔵及び再放出を防ぐために、第2の層間絶縁膜627の上に窒化シリコンまたは酸化窒化シリコンから成る第3絶縁膜620を形成する。或いは、第2の層間絶縁膜627を省略して、第3絶縁膜620の一層のみでこの層を形成することも可能である。

【0124】

有機発光素子656は第3絶縁膜620上に形成し、ITO（酸化インジウム・スズ）などの透明導電性材料で形成する陽極621、正孔注入層、正孔輸送層、発光層などを有する有機化合物層623、MgAgやLiFなどのアルカリ金属またはアルカリ土類金属などの材料を用いて形成する陰極624とから成っている。有機化合物層623の詳細な構造は任意なものとするが、その一例は実施の形態2において図5で示されている。

【0125】

有機化合物層622や陰極624はウエット処理（薬液によるエッチングや水洗などの処理）を行うことができないので、陽極621に合わせて、有機絶縁膜619上に感光性樹脂材料で形成される隔壁層622を設ける。隔壁層622は陽極622の端部を被覆するように形成する。具体的には、隔壁層622はネガ型のレジストを塗布し、バーク後に1～2 μ m程度の厚さとなるように形成する。その後、所定のパターンを設けたフォトマスクを用い紫外線を照射して露光する。透過率の悪いネガ型のレジスト材料を用いると、膜の厚さ方向で感光される割合が変化し、これを現像するとパターンの端部を逆テーパ型の形状とすることができる。勿論、このような隔壁層は、感光性のポリイミドなどを用いて形成することも可能である。

【0126】

陰極624は、仕事関数の小さいマグネシウム（Mg）、リチウム（Li）若しくはカルシウム（Ca）を含む材料を用いる。好ましくはMgAg（MgとAgをMg：Ag＝10：1で混合した材料）でなる電極を用いれば良い。他にもMgAgAl電極、LiAl電極、また、LiFAl電極が挙げられる。さらにその上層には、窒化シリコンまたは、DLC膜で第4絶縁膜625を2～30nm、好ましくは5～10nmの厚さで形成する。DLC膜はプラズマCVD法で形成可能であり、100℃以下の温度で形成しても、被覆性良く隔壁層622の端部を覆って形成することができる。DLC膜の内部応力は、酸素や窒素を微量に混入させることで緩和することが可能であり、保護膜として用いることが可能である。そして、DLC膜は酸素をはじめ、CO、CO₂、H₂Oなどのガスバリ

ア性が高いことが知られている。第4絶縁膜625は、陰極624を形成した後、大気解放しないで連続的に形成することが望ましい。陰極624と有機化合物層623との界面状態は有機発光素子の発光効率に大きく影響するからである。

【0127】

このように、隔壁層622に接することなく有機化合物層623、陰極層624を形成し有機発光素子を形成することで熱応力によるクラックの発生を防ぐことが可能となる。また、有機発光素子1202は酸素や H_2O を最も嫌うため、それをブロッキングするために窒化シリコンまたは酸化窒化シリコン1207及びDLC膜1208が形成されている。また、これらは有機発光素子1202が有するアルカリ金属元素を外に出さないための機能も有している。

【0128】

図10ではスイッチング用TFT654をマルチゲート構造とし、電流制御用TFT655にはゲート電極とオーバーラップする低濃度ドレイン(LDD)を設けている。多結晶シリコンを用いたTFTは、高い動作速度を示すが故にホットキャリア注入などの劣化も起こりやすい。そのため、図6のように、画素内において機能に応じて構造の異なるTFT(オフ電流の十分に低いスイッチング用TFTと、ホットキャリア注入に強い電流制御用TFT)を形成することは、高い信頼性を有し、且つ、良好な画像表示が可能な(動作性能の高い)表示装置を作製する上で非常に有効である。

【0129】

図10で示すように、TFT654、655を形成する半導体膜の下層側(基板601側)には、第1絶縁膜602が形成されている。その反対の上層側には第2絶縁膜618が形成されている。一方、有機発光素子656の下層側には第3絶縁膜620が形成されている。上層側には第4絶縁膜625が形成される。そして、その両者の間には有機絶縁膜619が形成され、一体化されている。TFT654、655が最も嫌うナトリウムなどのアルカリ金属は、汚染源として基板601や有機発光素子656が考えられるが、第1絶縁膜602と第2絶縁膜618で囲むことによりブロッキングしている。一方、有機発光素子656は酸素や H_2O を最も嫌うため、それをブロッキングするために第3絶縁膜620

、第4絶縁膜625が形成されている。これらは有機発光素子656が有するアルカリ金属元素を外に出さないための機能も有している。

【0130】

図10で示すような構造の有機発光装置において、効率的な作製方法の一例は、第3絶縁膜620、ITOに代表される透明導電膜で作製される陽極621をスパッタ法により連続成膜する工程を採用できる。有機絶縁膜619の表面に著しいダメージを与えることなく、緻密な窒化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜を形成するにはスパッタ法は適している。

【0131】

以上のように、TFTと有機発光装置を組み合わせることで画素部を形成し、発光装置を完成させることができる。このような発光装置はTFTを用いて駆動回路を同一基板上に形成することもできる。TFTの主要構成要素である半導体膜、ゲート絶縁膜及びゲート電極は、その下層側及び上層側を窒化シリコンまたは酸化窒化シリコンから成るブロッキング層と保護膜により囲むことにより、アルカリ金属や有機物の汚染を防ぐ構造を有している。一方有機発光素子はアルカリ金属を一部に含み、窒化シリコンまたは酸化窒化シリコンから成る保護膜と、窒化シリコンまたは炭素を主成分とする絶縁膜から成るガスバリア層とで囲まれ、外部から酸素や H_2O が浸入することを防ぐ構造を有している。

【0132】

このように、本発明は不純物に対する特性の異なる素子を組合せ、お互いが干渉することなく発光装置を完成させることができる。さらに応力による影響を排除して信頼性を向上させることができる。

【0133】

(実施例4)

本発明を実施して形成されたCMOS回路や画素部はアクティブマトリクス型液晶ディスプレイ（液晶表示装置）に用いることができる。即ち、それら液晶表示装置を表示部に組み込んだ電気器具全てに本発明を実施できる。

【0134】

その様な電気器具としては、ビデオカメラ、デジタルカメラ、プロジェクター

(リア型またはフロント型)、ヘッドマウントディスプレイ(ゴーグル型ディスプレイ)、パーソナルコンピュータ、携帯情報端末(モバイルコンピュータ、携帯電話または電子書籍等)などが挙げられる。それらの一例を図11、図12及び図13に示す。

【0135】

図11(A)はパーソナルコンピュータであり、本体2001、画像入力部2002、表示部2003、キーボード2004等を含む。

【0136】

図11(B)はビデオカメラであり、本体2101、表示部2102、音声入力部2103、操作スイッチ2104、バッテリー2105、受像部2106等を含む。

【0137】

図11(C)はモバイルコンピュータ(モービルコンピュータ)であり、本体2201、カメラ部2202、受像部2203、操作スイッチ2204、表示部2205等を含む。

【0138】

図11(D)はゴーグル型ディスプレイであり、本体2301、表示部2302、アーム部2303等を含む。

【0139】

図11(E)はプログラムを記録した記録媒体(以下、記録媒体と呼ぶ)を用いるプレーヤーであり、本体2401、表示部2402、スピーカ部2403、記録媒体2404、操作スイッチ2405等を含む。なお、このプレーヤーは記録媒体としてDVD(Digital Versatile Disc)、CD等を用い、音楽鑑賞や映画鑑賞やゲームやインターネットを行うことができる。

【0140】

図11(F)はデジタルカメラであり、本体2501、表示部2502、接眼部2503、操作スイッチ2504、受像部(図示しない)等を含む。

【0141】

図12(A)はフロント型プロジェクターであり、投射装置2601、スクリ

ーン 2 6 0 2 等を含む。

【 0 1 4 2 】

図 1 2 (B) はリア型プロジェクターであり、本体 2 7 0 1、投射装置 2 7 0 2、ミラー 2 7 0 3、スクリーン 2 7 0 4 等を含む。

【 0 1 4 3 】

なお、図 1 2 (C) は、図 1 2 (A) 及び図 1 2 (B) 中における投射装置 2 6 0 1、2 7 0 2 の構造の一例を示した図である。投射装置 2 6 0 1、2 7 0 2 は、光源光学系 2 8 0 1、ミラー 2 8 0 2、2 8 0 4 ~ 2 8 0 6、ダイクロイックミラー 2 8 0 3、プリズム 2 8 0 7、液晶表示装置 2 8 0 8、位相差板 2 8 0 9、投射光学系 2 8 1 0 で構成される。投射光学系 2 8 1 0 は、投射レンズを含む光学系で構成される。本実施例は三板式の例を示したが、特に限定されず、例えば単板式であってもよい。また、図 1 2 (C) 中において矢印で示した光路に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するためのフィルム、I R フィルム等の光学系を設けてもよい。

【 0 1 4 4 】

また、図 1 2 (D) は、図 1 2 (C) 中における光源光学系 2 8 0 1 の構造の一例を示した図である。本実施例では、光源光学系 2 8 0 1 は、リフレクター 2 8 1 1、光源 2 8 1 2、レンズアレイ 2 8 1 3、2 8 1 4、偏光変換素子 2 8 1 5、集光レンズ 2 8 1 6 で構成される。なお、図 1 2 (D) に示した光源光学系は一例であって特に限定されない。例えば、光源光学系に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するフィルム、I R フィルム等の光学系を設けてもよい。

【 0 1 4 5 】

ただし、図 1 2 に示したプロジェクターにおいては、透過型の電気光学装置を用いた場合を示しており、反射型の液晶表示装置の適用例は図示していない。

【 0 1 4 6 】

図 1 3 (A) は携帯電話であり、3 0 0 1 は表示用パネル、3 0 0 2 は操作用パネルである。表示用パネル 3 0 0 1 と操作用パネル 3 0 0 2 とは接続部 3 0 0 3 において接続されている。接続部 3 0 0 3 における、表示用パネル 3 0 0 1 の

表示部 3 0 0 4 が設けられている面と操作用パネル 3 0 0 2 の操作キー 3 0 0 6 が設けられている面との角度 θ は、任意に変えることができる。

さらに、音声出力部 3 0 0 5、操作キー 3 0 0 6、電源スイッチ 3 0 0 7、音声入力部 3 0 0 8 を有している。

【 0 1 4 7 】

図 1 3 (B) は携帯書籍 (電子書籍) であり、本体 3 0 0 1、表示部 3 0 0 2、3 0 0 3、記憶媒体 3 0 0 4、操作スイッチ 3 0 0 5、アンテナ 3 0 0 6 等を含む。

【 0 1 4 8 】

図 1 3 (C) はディスプレイであり、本体 3 1 0 1、支持台 3 1 0 2、表示部 3 1 0 3 等を含む。

【 0 1 4 9 】

以上の様に、本発明の適用範囲は極めて広く、あらゆる分野の電気器具に適用することが可能である。また、本実施例の電気器具は実施形態 1 ~ 4、実施例 1、2 を組み合わせても実現することができる。

【 0 1 5 0 】

【発明の効果】

本発明を用いることにより、結晶化を促進する触媒元素を用いた低温での半導体膜の結晶化処理を行う場合に、効果的に触媒元素を半導体膜から除去または濃度の低減をすることができる。また、ゲッターリングに用いる希ガス元素は、半導体膜中において不活性であるため、T F T のしきい値電圧を変動させるなどの悪影響を及ぼすことがない。

【 0 1 5 1 】

さらに、十分に触媒元素の濃度を低減した半導体膜を活性層に用いることで T F T の特性が向上し、この T F T を用いて作製された半導体装置、液晶表示装置の特性も向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態の一例を示す図。

【図 2】 本発明の実施の形態の一例を示す図。

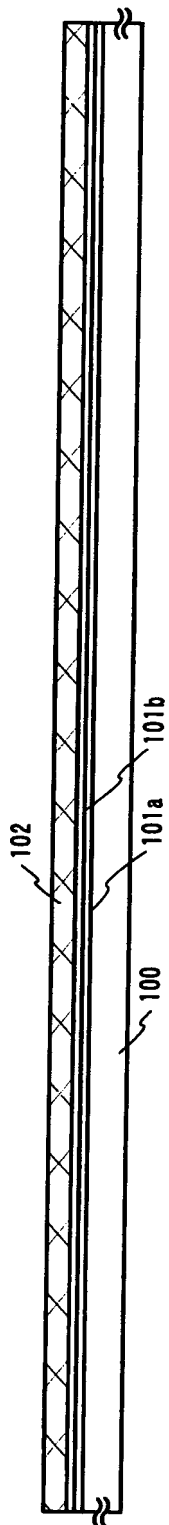
- 【図 3】 本発明の実施例を示す図。
- 【図 4】 本発明の実施例を示す図。
- 【図 5】 本発明の実施例を示す図。
- 【図 6】 本発明の実施例を示す図。
- 【図 7】 本発明の実施の形態の一例を示す図。
- 【図 8】 本発明の実施の形態の一例を示す図。
- 【図 9】 半導体膜中に含まれる A r の濃度を測定した結果を示す図。
- 【図 1 0】 本発明を適応して作製した発光装置の一例を示す図。
- 【図 1 1】 本発明を用いて作製された液晶表示装置を表示部に用いた電気器具の一例を示す図。
- 【図 1 2】 本発明を用いて作製された液晶表示装置を表示部に用いた電気器具の一例を示す図。
- 【図 1 3】 本発明を用いて作製された液晶表示装置を表示部に用いた電気器具の一例を示す図。
- 【図 1 4】 本発明の実施の形態の一例を示す図。
- 【図 1 5】 本発明の実施例を示す図。
- 【図 1 6】 本発明の実施例を示す図。
- 【図 1 7】 本発明の実施の形態の一例を示す図。

【書類名】

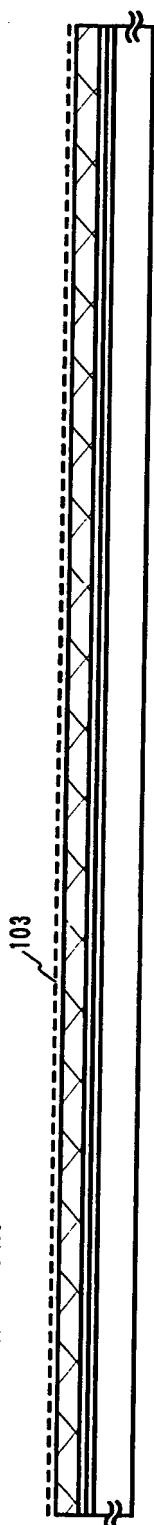
図面

【図 1】

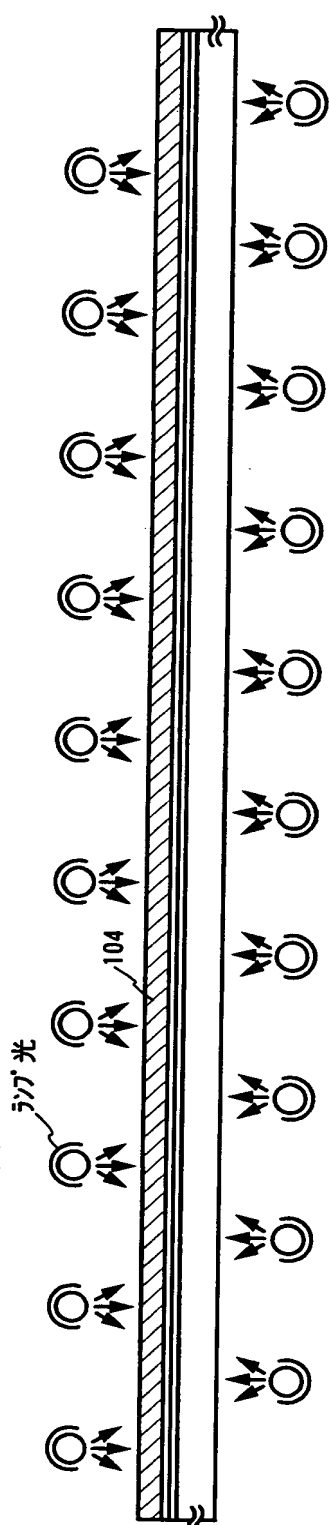
(a) 非晶質半導体膜の形成



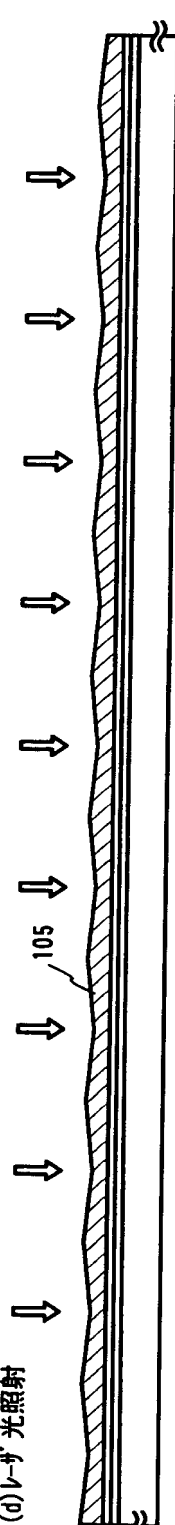
(b) 触媒元素含有層の形成



(c) 加熱処理 (半導体膜の結晶化)

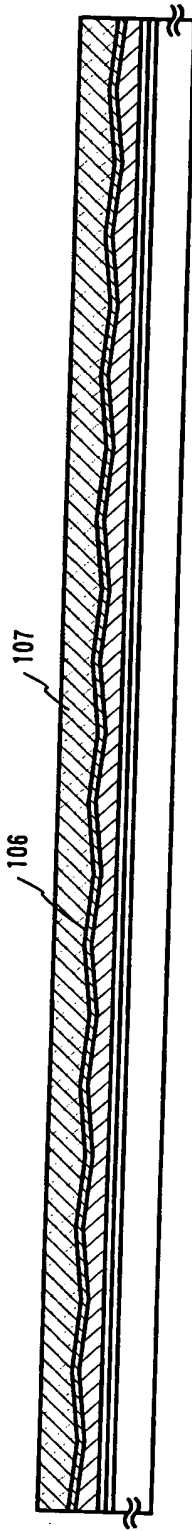


(d) レーザ光照射

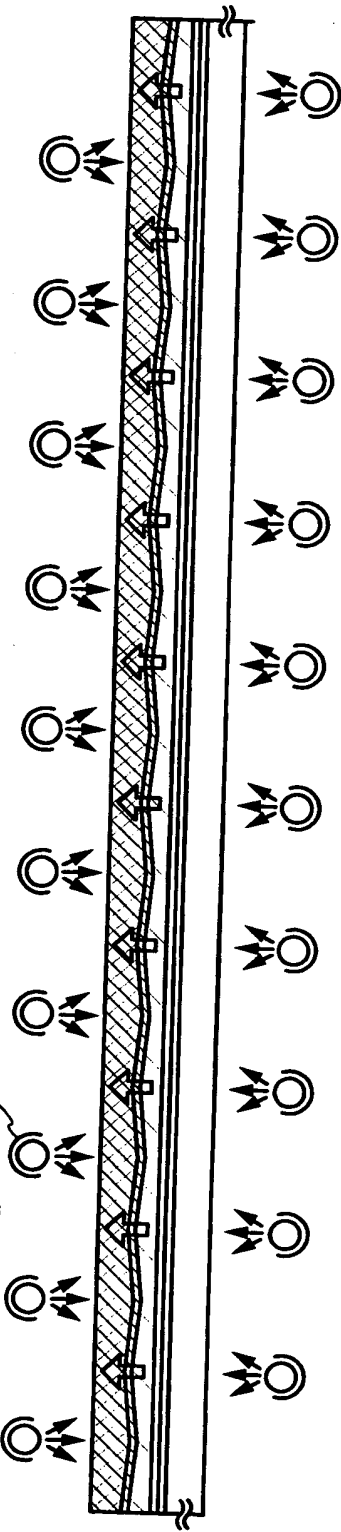


【図 2】

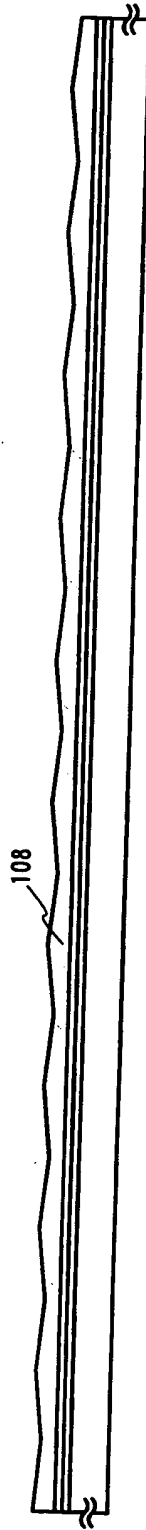
(a) n⁺リソ層/希ガスを含む半導体膜の形成



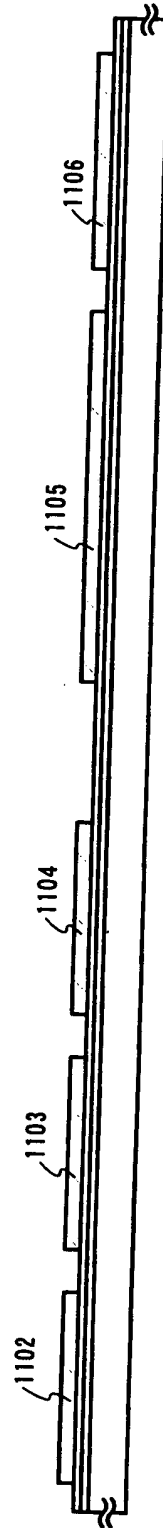
(b) 加熱処理 (ゲッタリング処理) ランパ光



(c) 希ガスを含有半導体膜及びn⁺リソ層除去

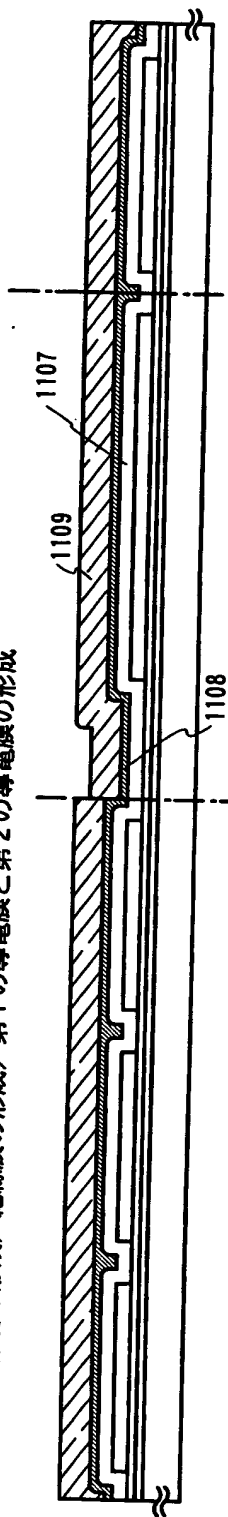


(d) 活性層形成

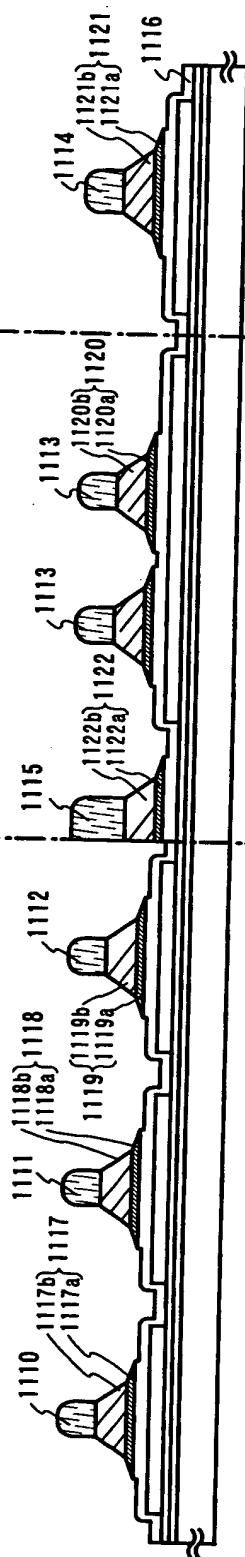


【図3】

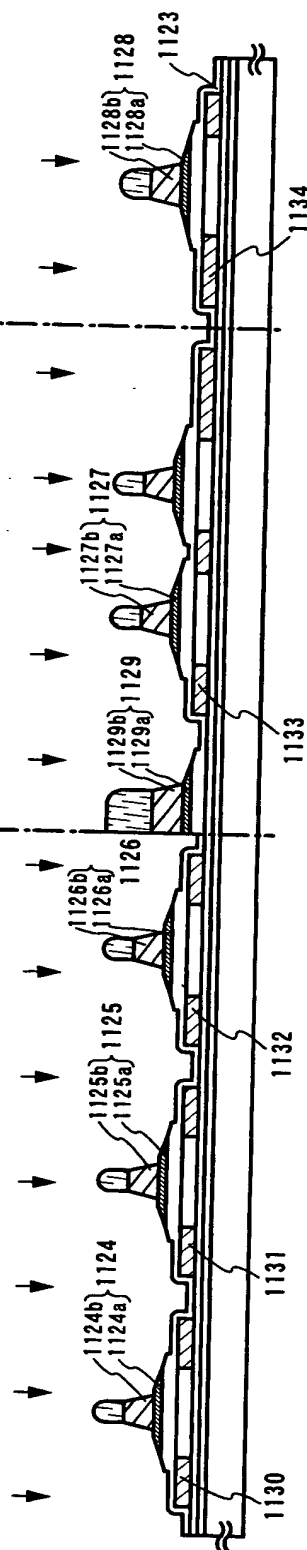
(A) 半導体層の形成／絶縁膜の形成／第1の導電膜と第2の導電膜の形成



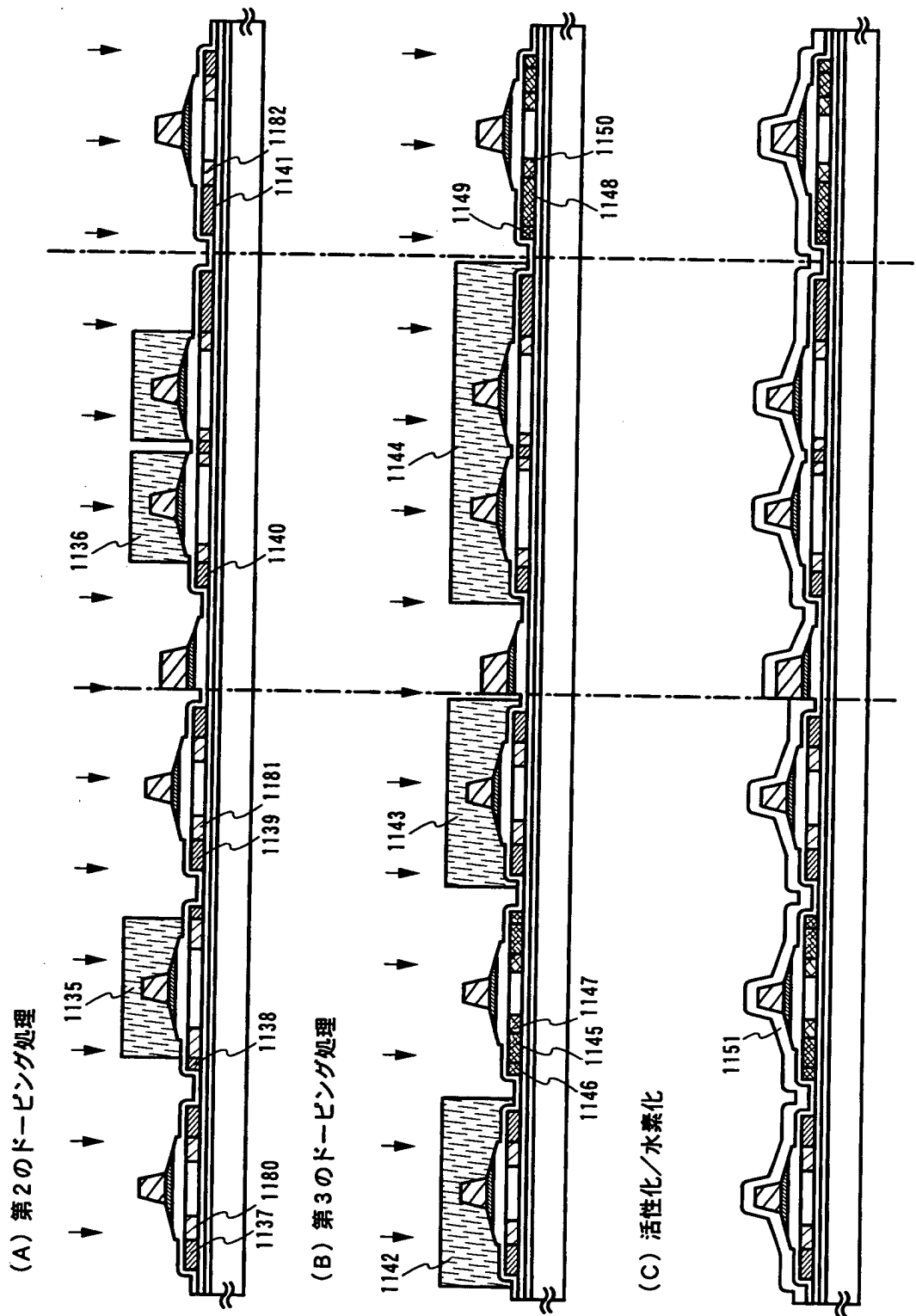
(B) 第1のエッチング処理



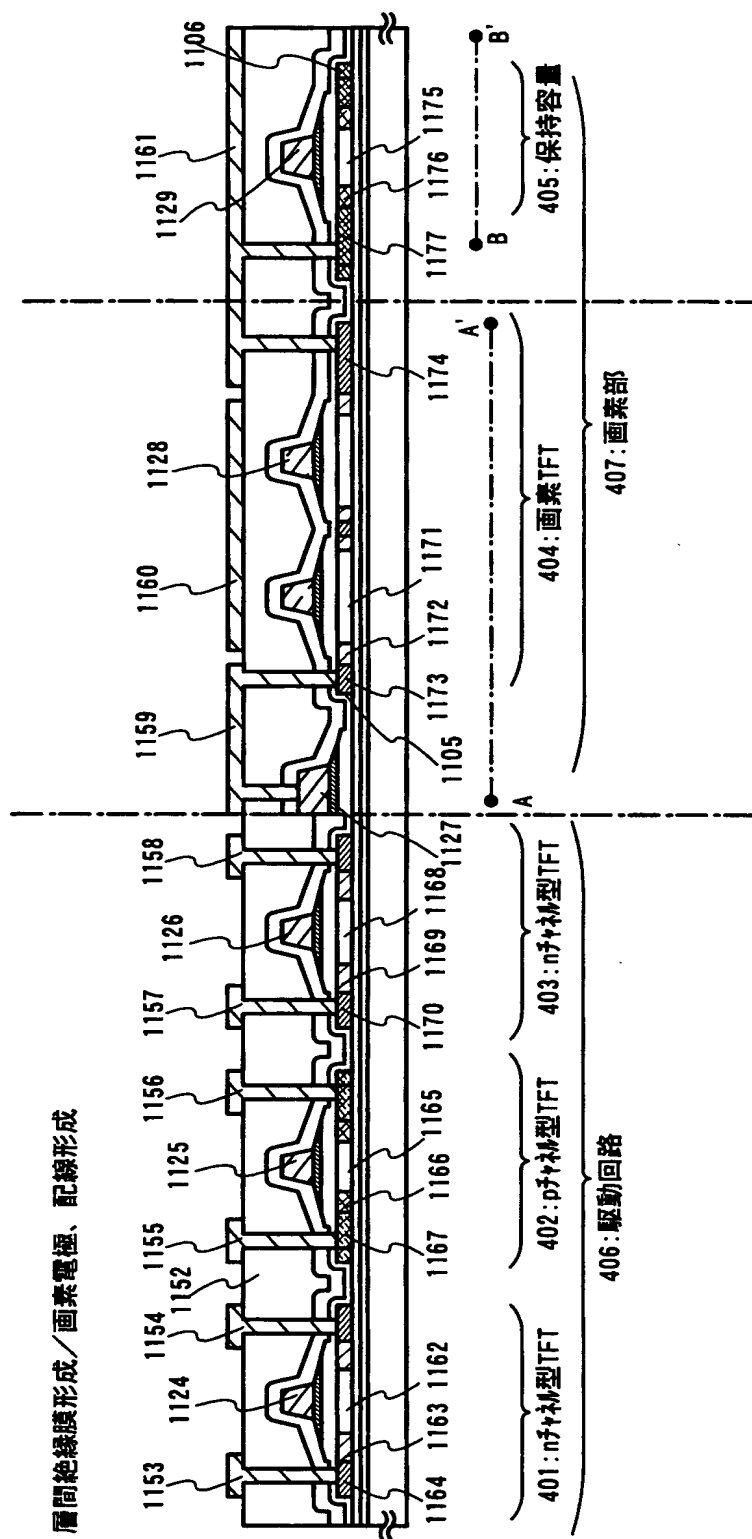
(C) 第2のエッチング処理／第1のドーピング処理



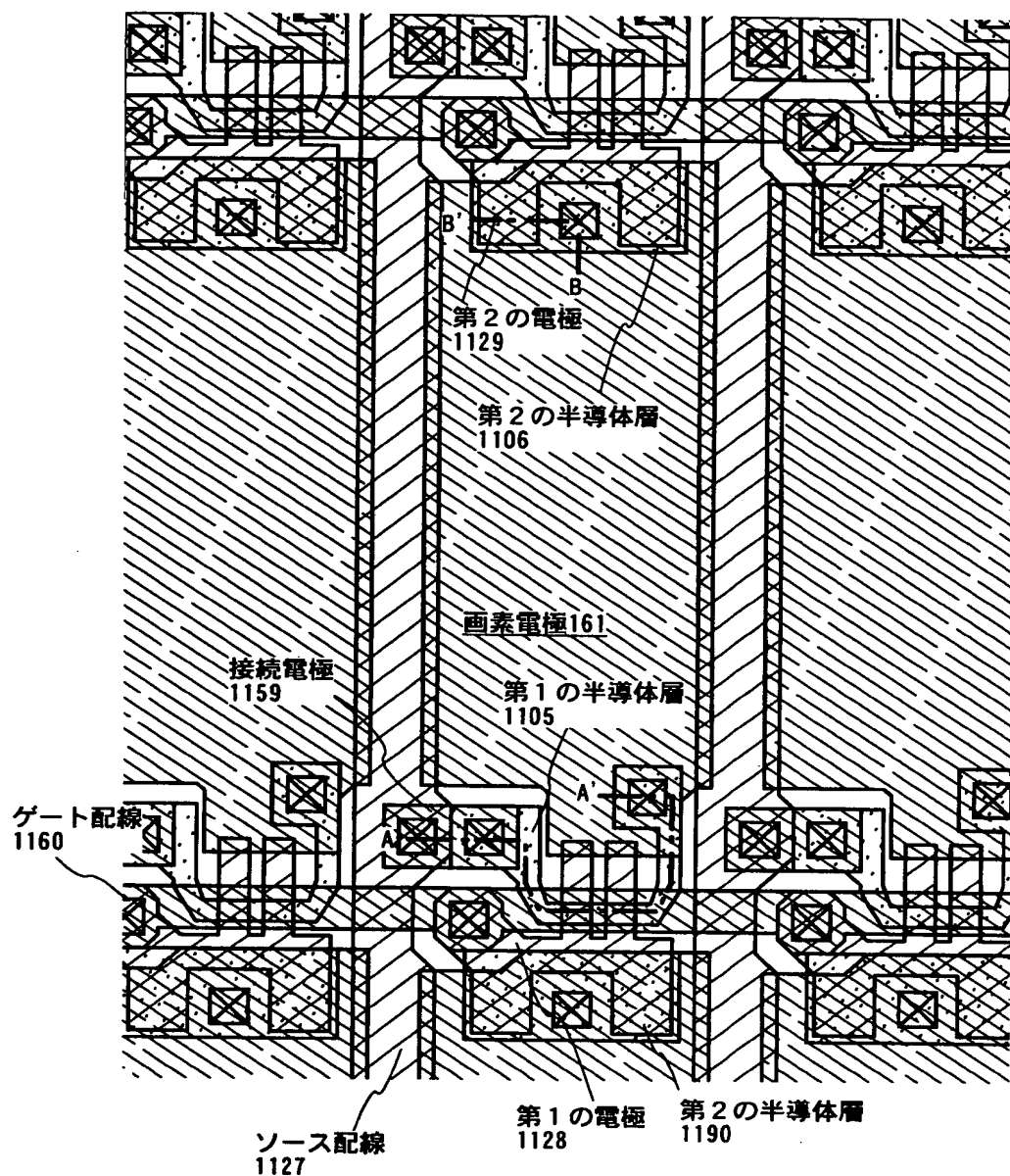
【図4】



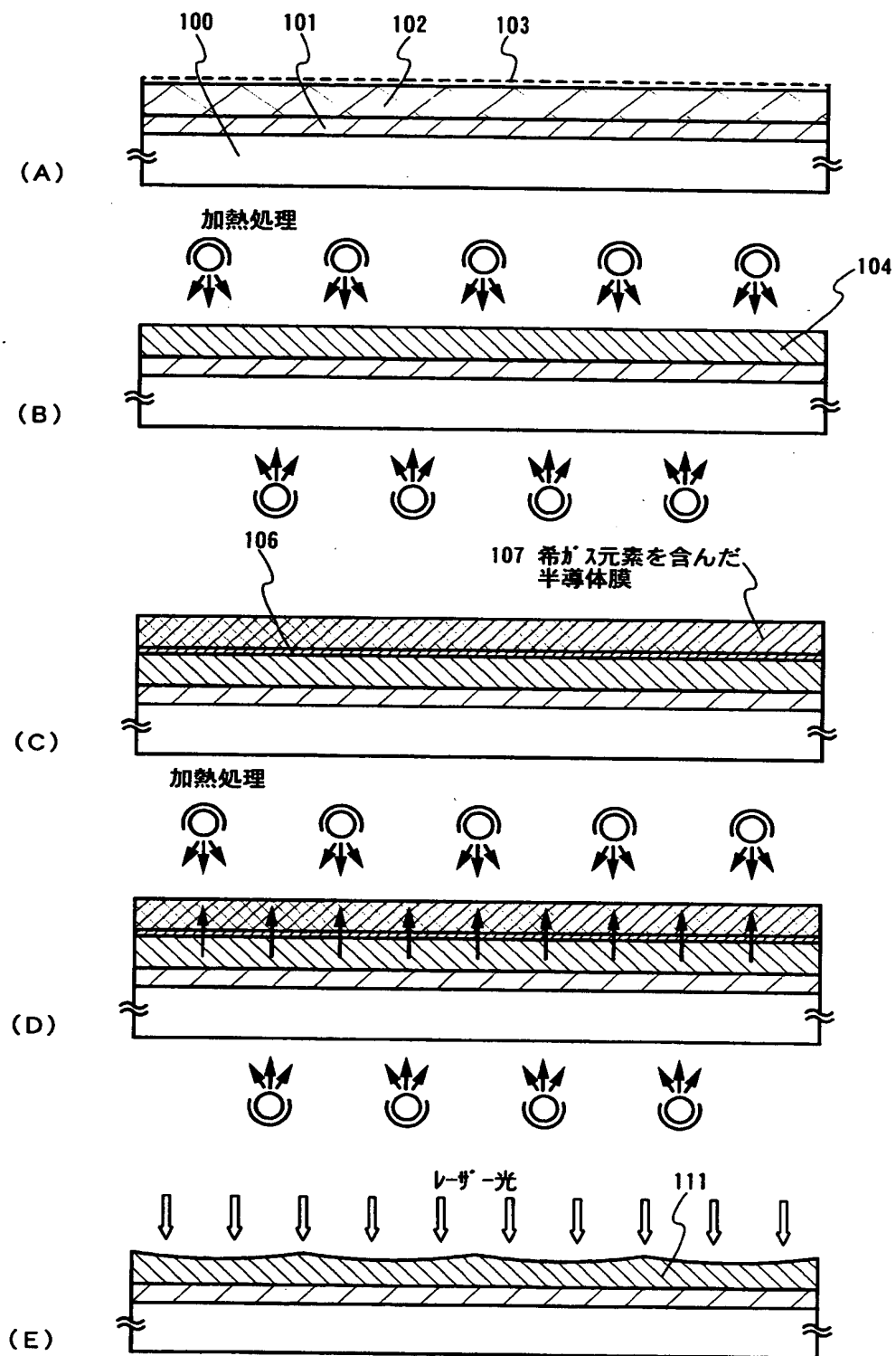
【図 5】



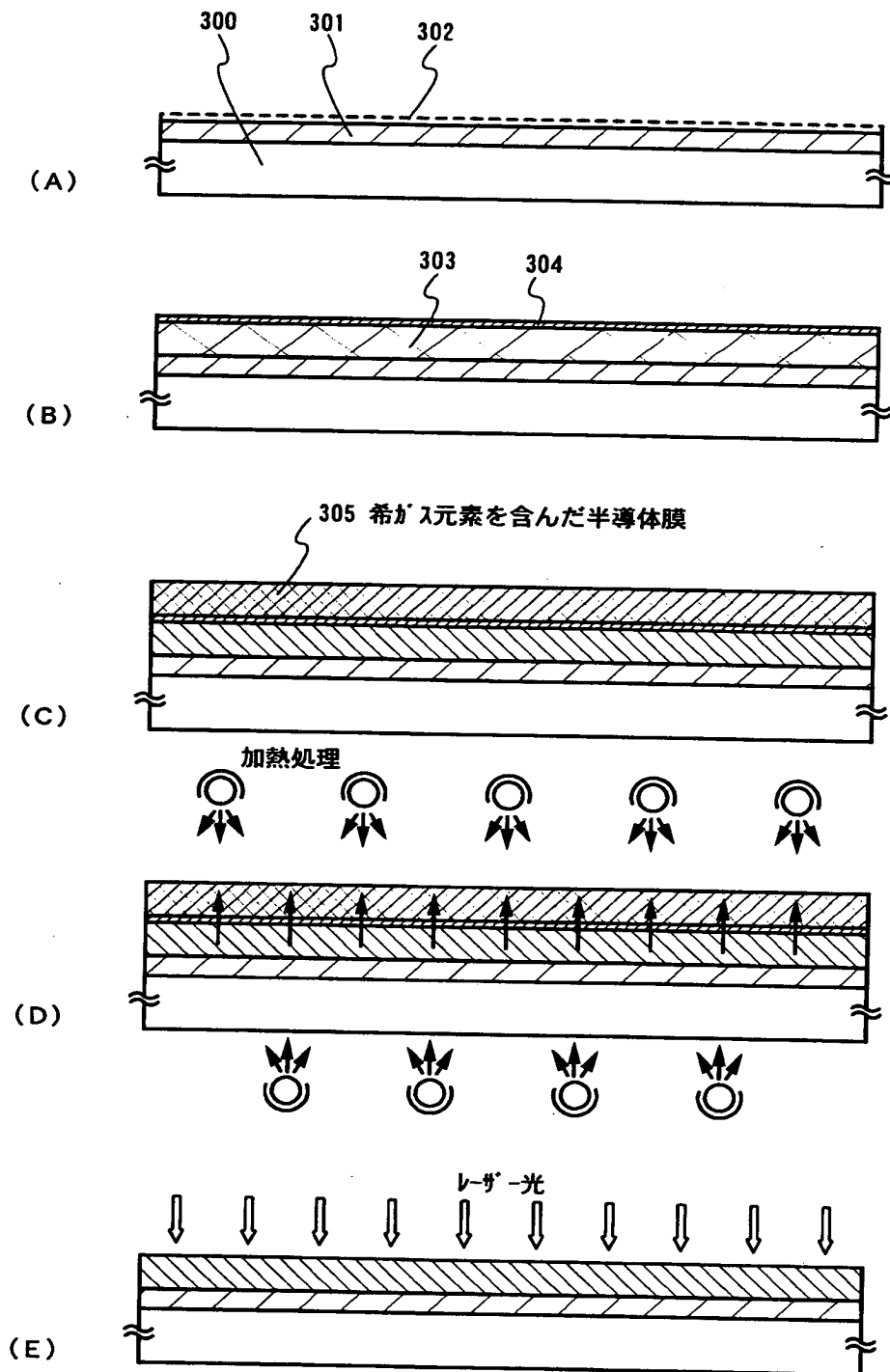
【図6】



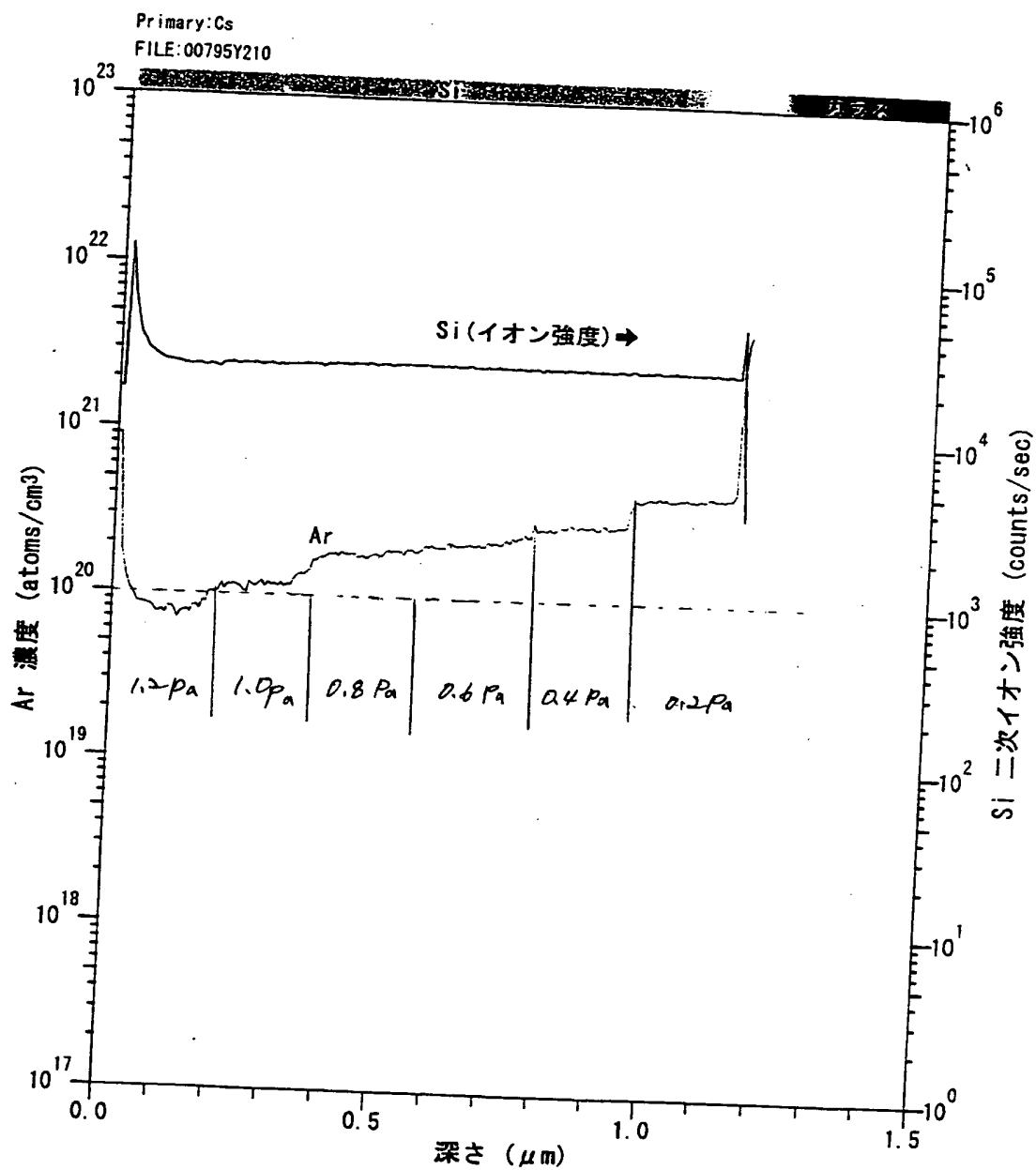
【図 7】



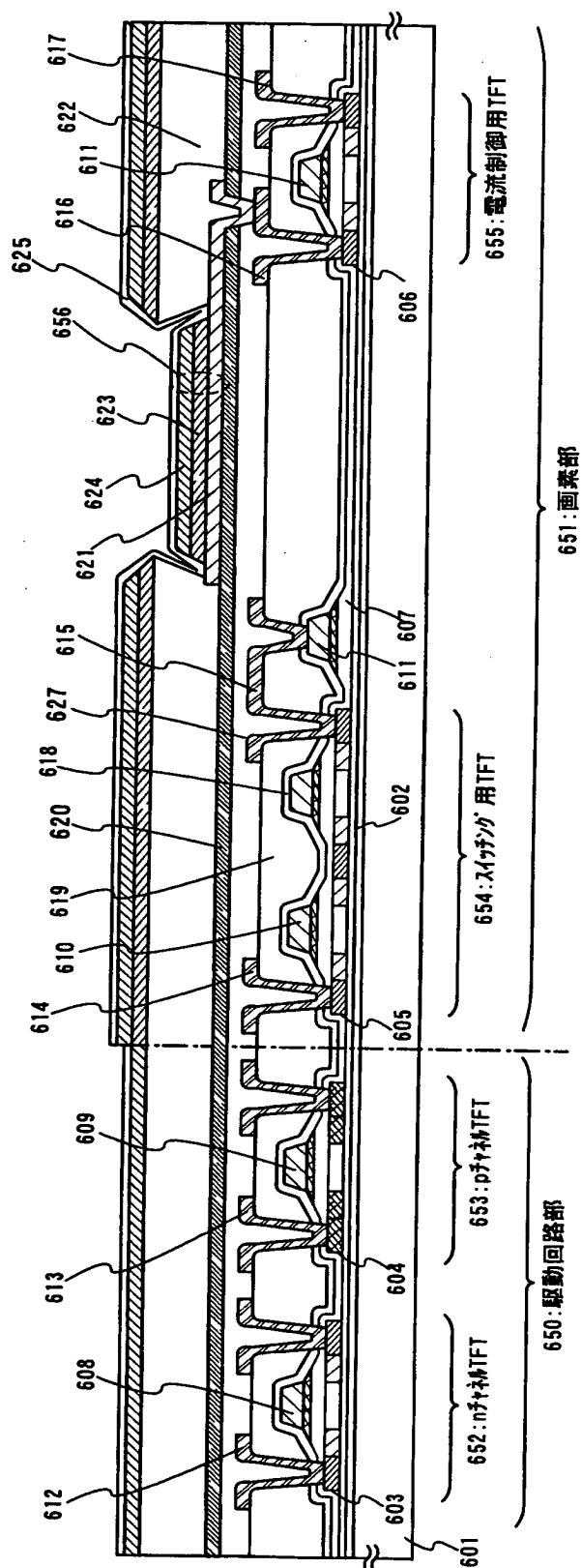
【図 8】



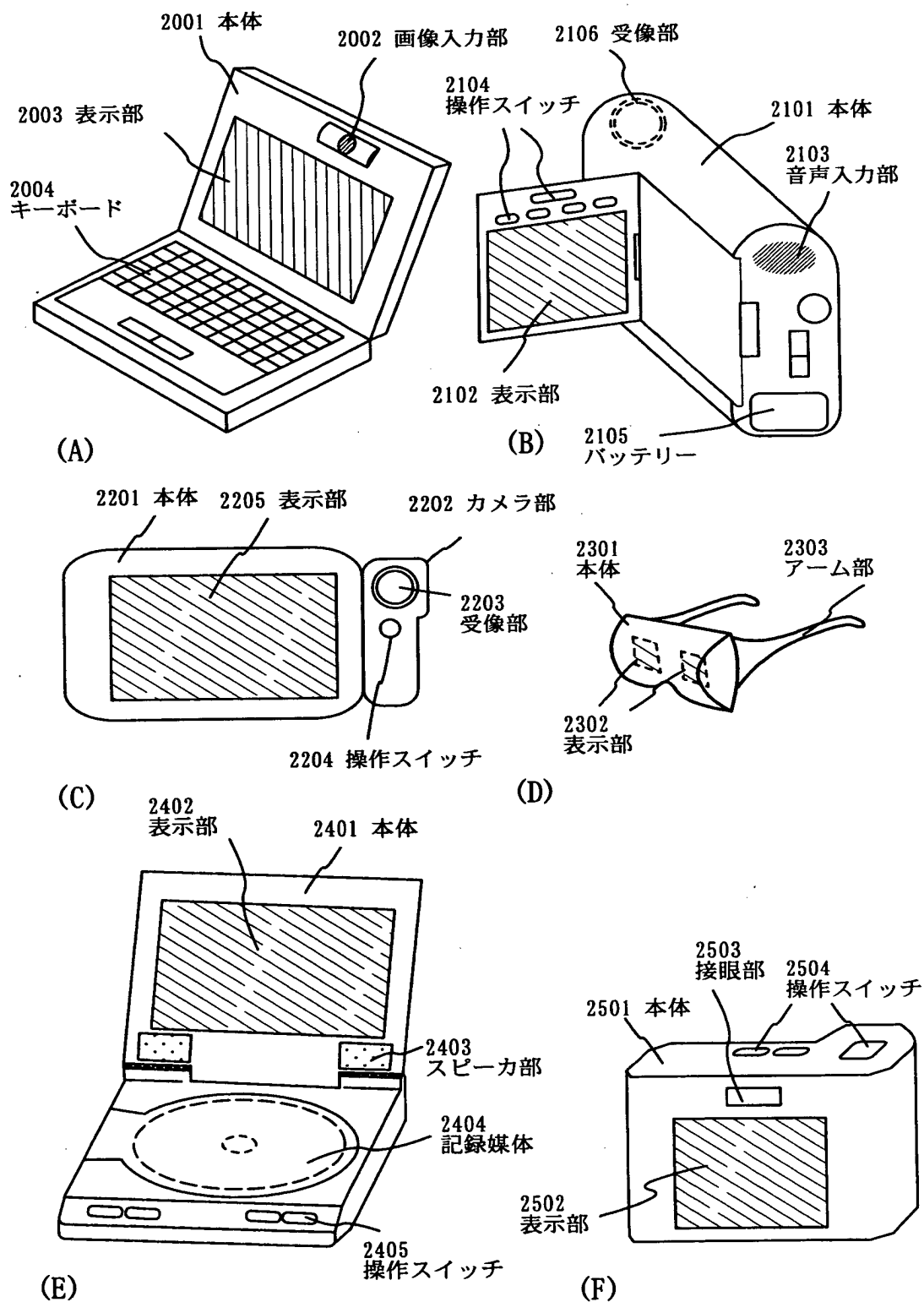
【図9】



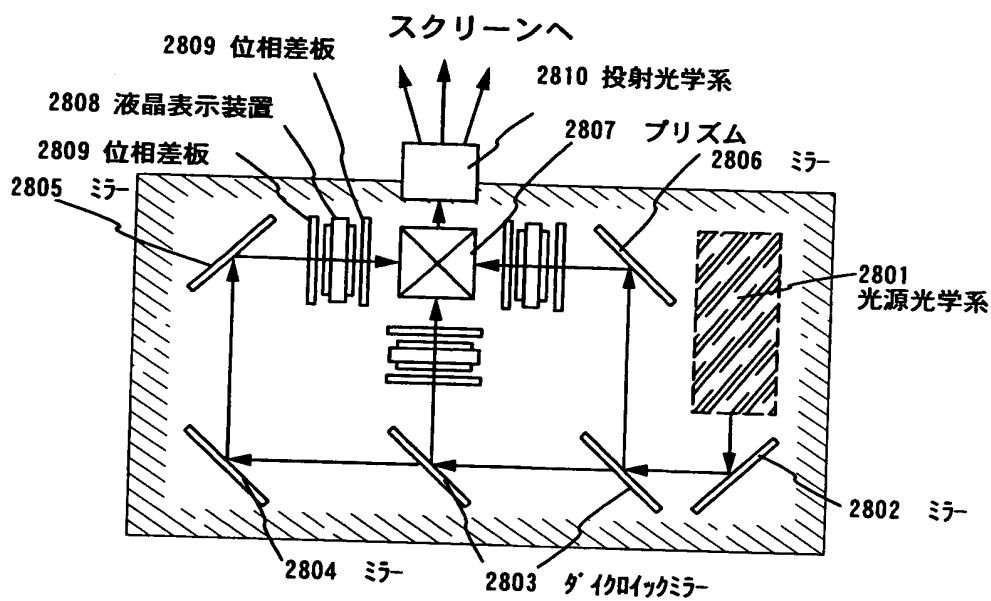
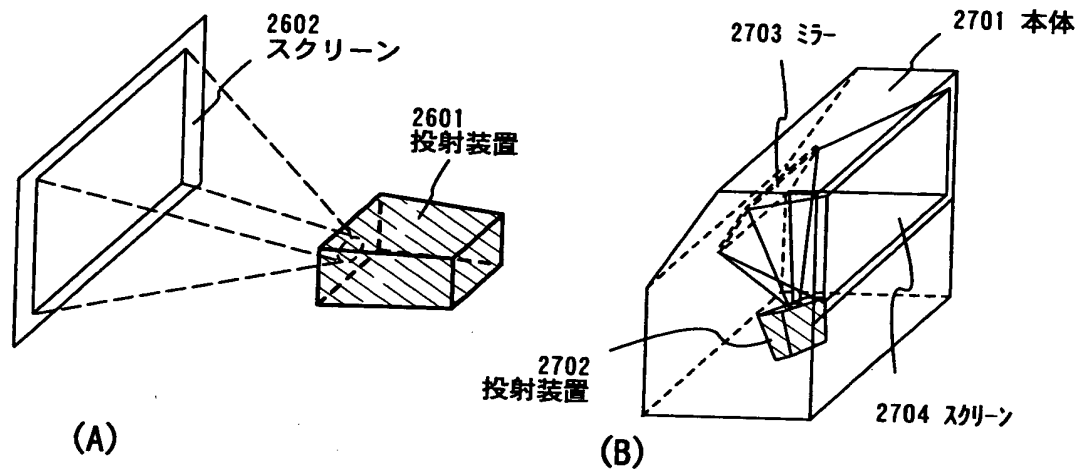
【図10】



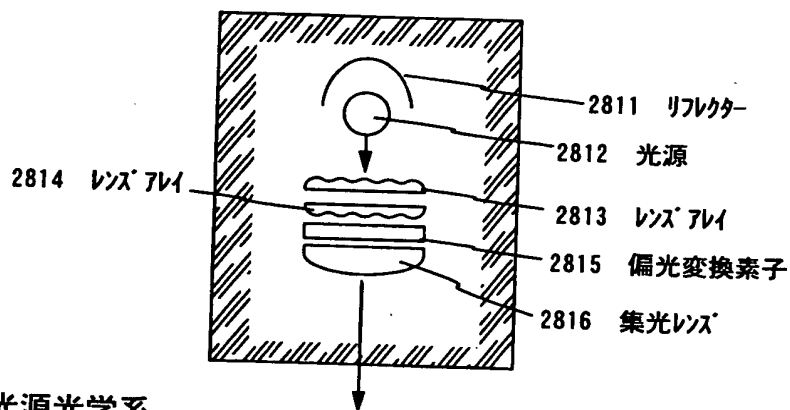
【図 11】



【図12】

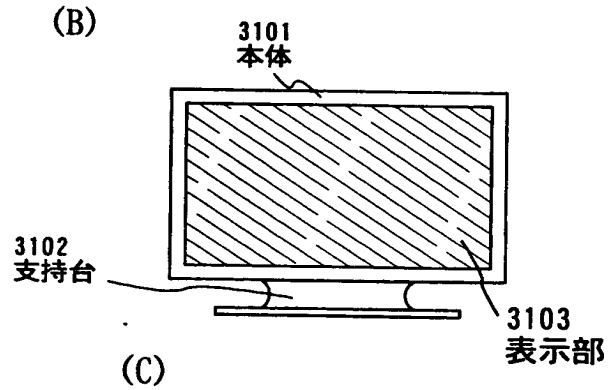
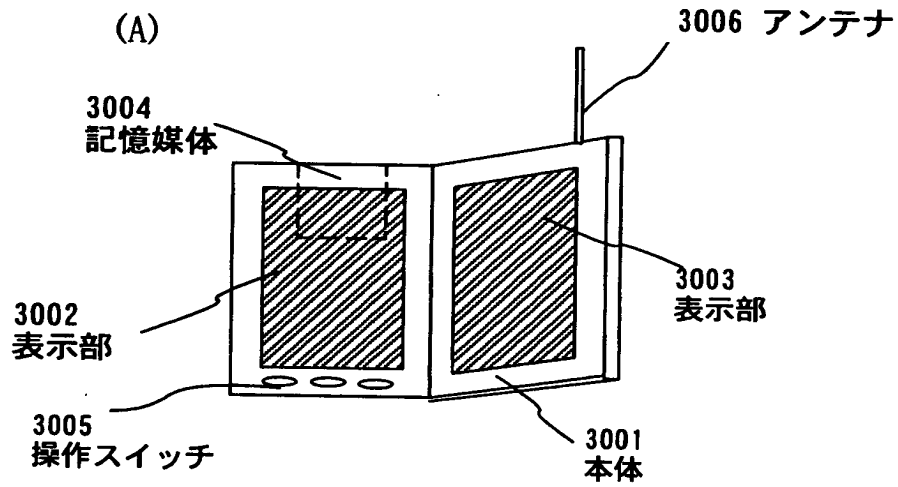
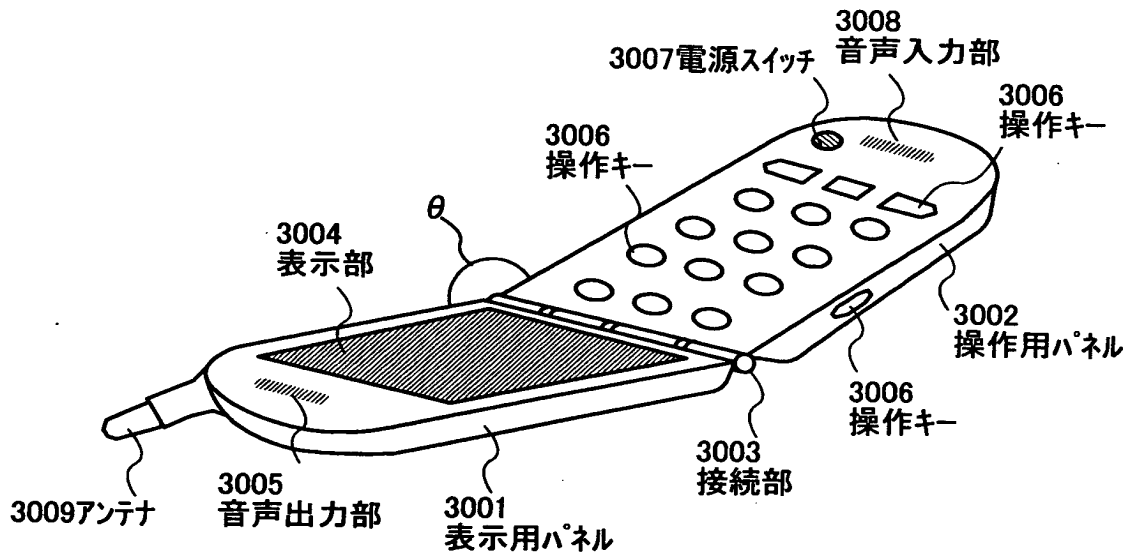


(C) 投射装置 (三板式)

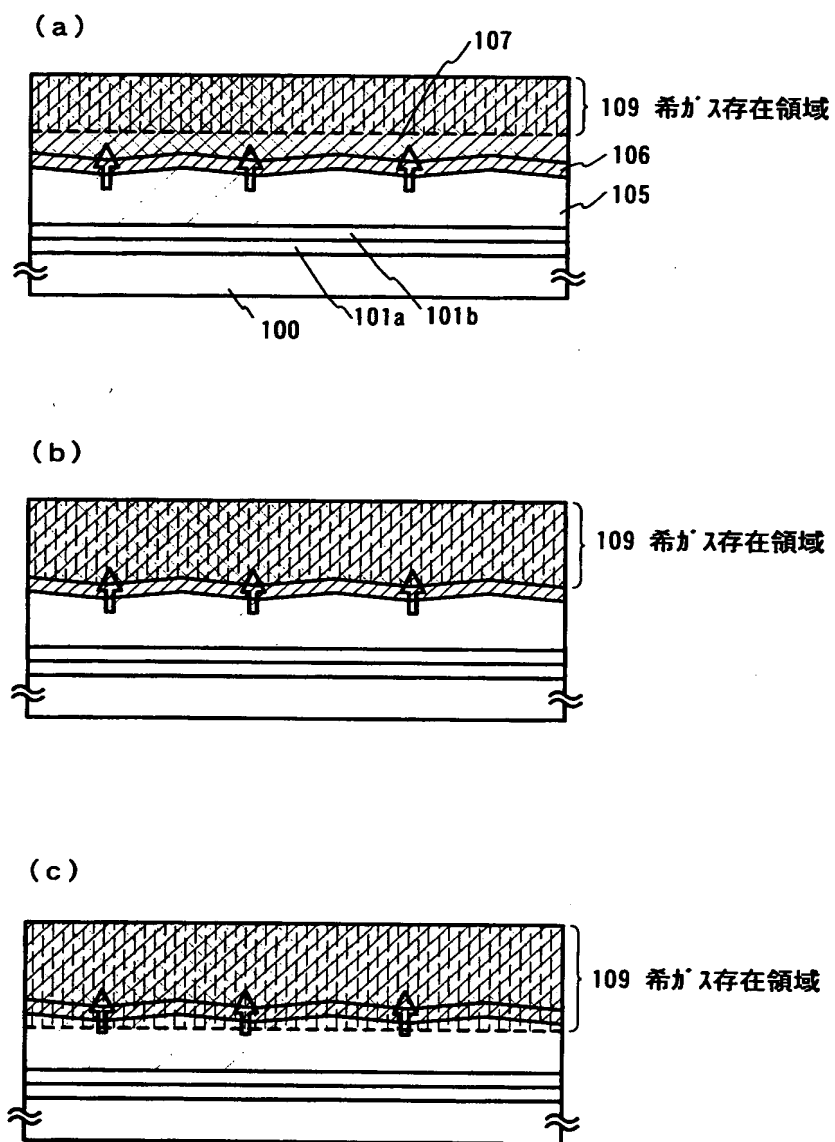


(D) 光源光学系

【図13】

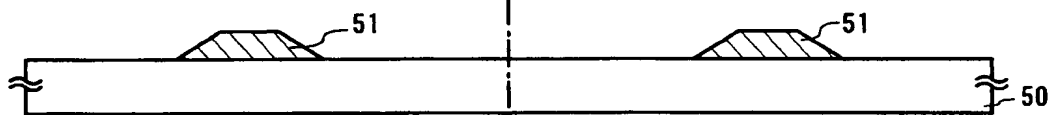


【図 14】



【図 15】

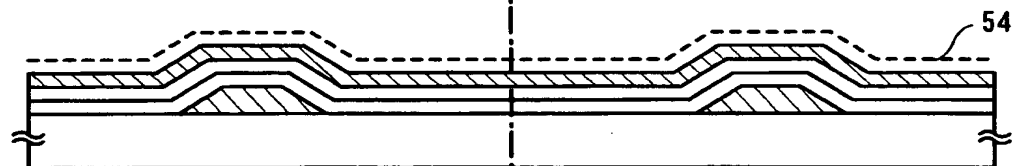
(a) ゲート配線の形成



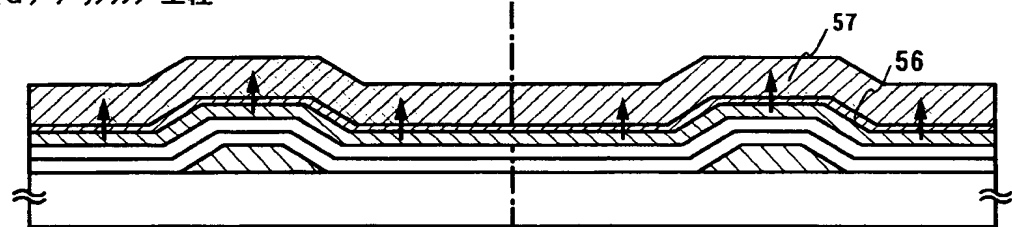
(b) ゲート絶縁膜、半導体膜の形成



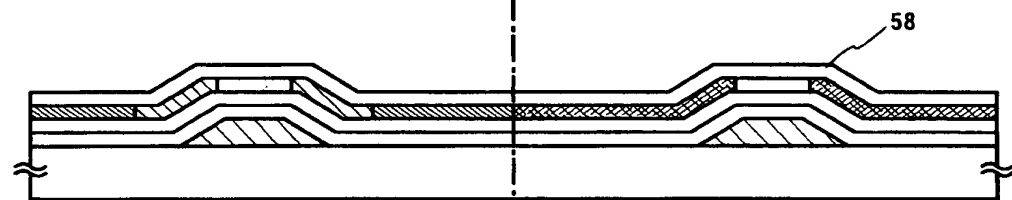
(c) 結晶化工程



(d) ゲッタリング工程



(e) 不純物元素添加工程

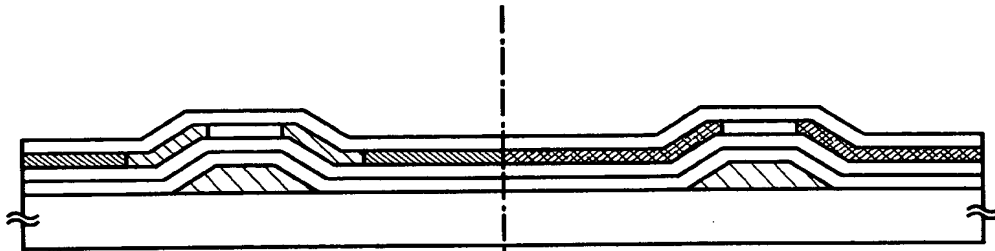


Nチャネル型TFT

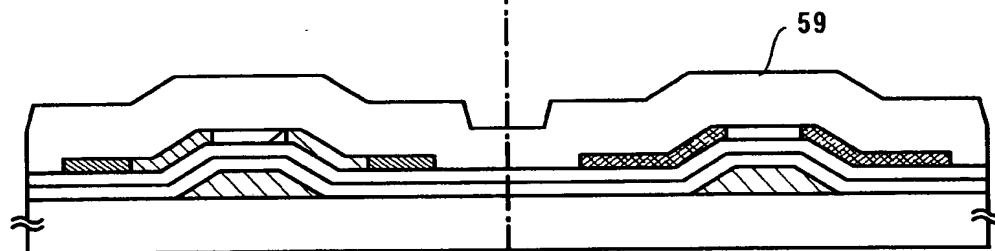
Pチャネル型TFT

【図 1 6】

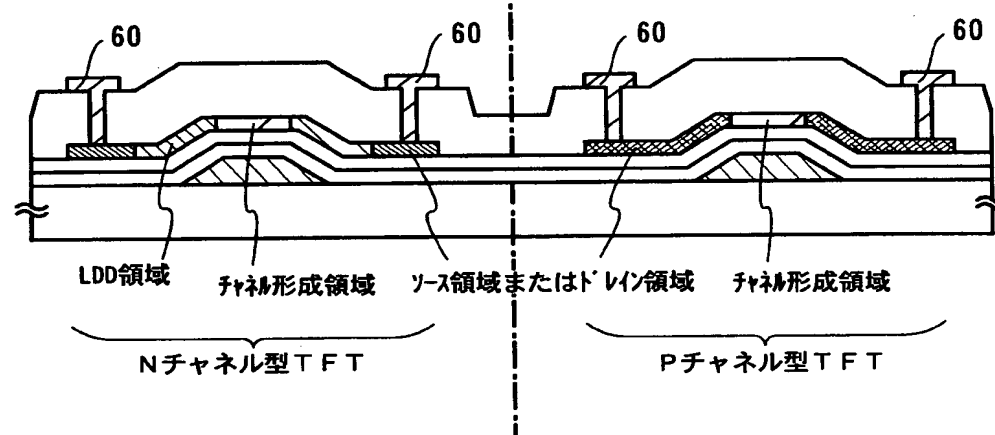
(a) 活性化工程



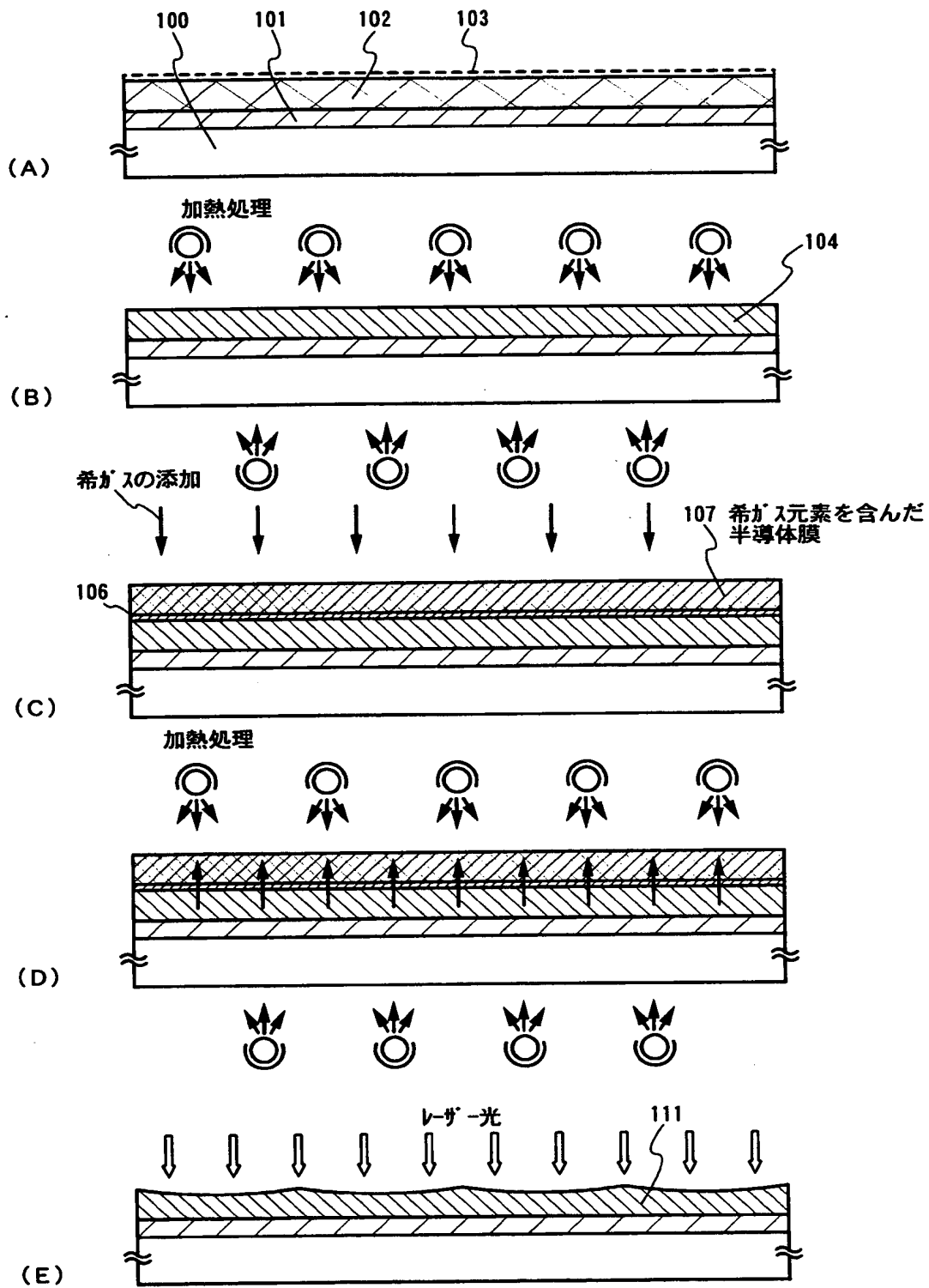
(b) 層間絶縁膜の形成工程



(c) ソース配線およびドレイン配線の形成工程



【図 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体膜の結晶化に対して結晶化を促進する金属元素を用いて得られる結晶質半導体膜に残存する当該金属元素を効果的に除去する技術を提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明は、触媒元素を用いて得られた結晶質半導体膜上にバリア層を介して希ガス元素を $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ の濃度で含んだ半導体膜を成膜し、加熱処理することで、触媒元素を前記結晶質半導体膜から前記半導体膜に移動させ、ゲッタリングを行うことを特徴としている。

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000153878]

1. 変更年月日 1990年 8月17日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県厚木市長谷398番地

氏 名 株式会社半導体エネルギー研究所